



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

EVALUACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA GESTIÓN DE  
RIESGOS EN PROYECTOS: CASO PROYECTO PUENTE BIOBÍO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

RODRIGO PÉREZ ASPILLAGA

PROFESOR GUÍA:  
JOSÉ MIGUEL CRUZ GONZALEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA  
GASTÓN HELD BARRANDEGUY

SANTIAGO DE CHILE  
2017

## Resumen Ejecutivo

La etapa preinversional es crucial para poder concebir, formular y ejecutar los proyectos, pues muchos recursos son gastados en estudios que definen los aspectos críticos que guiarán al éxito al proyecto. Su resultado es clave para reducir la incertidumbre y tomar decisiones informadas, aprovechando los recursos de manera consistente con la estrategia de la empresa.

En el sector público, a lo largo de todo el mundo, parece haber problemas sistemáticos en la evaluación de proyectos y los resultados esperados que de estas se derivan. Existen estudios donde se analiza el desempeño en relación a los pronósticos realizados para los costos, horizontes de planificación y beneficios. En particular, para los proyectos de infraestructura de transporte (caminos, trenes y puentes y túneles), la evidencia muestra que existe una consistente subestimación en los costos y sobreestimación en los beneficios.

Bent Flyvbjerg en sus estudios revela que un 86% de los proyectos de infraestructura tiene sobrecostos, resultando en promedio 28% más altos al término de la ejecución que lo previsto. Los proyectos ferroviarios presentan la mayor diferencia entre los costos reales y los estimados al momento de tomar la decisión de construir: en promedio presentan costos 44.7% mayores; y en el caso de los puentes y túneles existe una diferencia de 33.8%. Estos resultados parecen ser la regla más que la excepción, pues se comprueba que durante los últimos 70 años no hay mejoras en la exactitud de los pronósticos a pesar de los recursos gastados en mejorar los modelos.

La Empresa de los Ferrocarriles del Estado de Chile (EFE), parece no ser la excepción. Un ejemplo de ello es que, en su proyecto más reciente, Rancagua Express, se registra más de 100% de sobrecostos (US\$ 635 M de costo efectivo vs US\$ 254.7 M estimados) y un retraso de más de 1 año.

Daniel Kahneman, Premio Nobel de Economía el año 2002 por sus estudios acerca de la toma de decisiones bajo incertidumbre, plantea que la mayoría de los problemas al realizar pronósticos ocurren debido a que las decisiones se toman con el conocimiento existente dentro de las organizaciones, por lo que usualmente está sesgado por optimismo en los resultados o existe engaño estratégico con el objetivo de obtener los recursos para financiar los proyectos. Él propone un nuevo método de estimación llamado *Reference Class Forecasting*, basado en la utilización de proyectos de referencia de características similares para poder situar los resultados de estos en una distribución de posibilidades e intentar predecir lo que ocurrirá.

En la presente memoria se desarrolla y explica dicha metodología, utilizada con éxito en proyectos de infraestructura de transporte y otras industrias en países como Dinamarca, Inglaterra, Holanda, Sudáfrica, Australia, Suecia y Suiza. Se analizarán los resultados de ésta aplicándolos al Proyecto Puente Biobío, que consiste en la construcción de un nuevo puente ferroviario que reemplazará al actual pues las condiciones de la actual vía limitan la operación de EFE en la zona y presentan graves riesgos por la antigüedad.

## Agradecimientos

Luego de 6 años de largo trabajo y esfuerzo, se acaba una muy bella etapa. Quiero agradecer a mi familia, y en especial a mis padres, por el constante apoyo a lo largo de estos años y al incansable ejemplo de esforzarse al máximo y dar lo mejor de cada uno en todo momento para lograr terminar en alto. Fueron fundamentales en todo el proceso.

Quiero agradecer a todos con quienes me tocó compartir en esta etapa, compañeros, funcionarios y profesores, creo que todos forman parte de este logro y sobre todo de la Universidad que constituimos, lugar donde se abren las puertas a un nuevo mundo y se da la oportunidad de conocer gente de todo Chile, donde cada uno aporta a la diversidad y se cultiva la tolerancia.

No puedo dejar de mencionar a mis más cercanos amigos y compañeros durante todos estos años, Sebastián y Raimundo, con los que me tocó estudiar y compartir en la mayoría de mis cursos, y de hacer una mención especial a Natalie, mejor compañera de la Universidad.

Agradezco a los profesores de mi Sección, Gerardo Díaz, Raúl Uribe y Manuel Díaz por haberme entregado sus conocimientos y apoyo. En especial quiero agradecer a mi Profesor guía, José Miguel Cruz, por haberme orientado y apoyado en este trabajo y darme la oportunidad de poder trabajar con él; al Profesor Eduardo Contreras, quién me apoyó cuando lo necesité.

Me despido con un gran recuerdo de todos aquellos con que me tocó compartir, compañeros, bibliotecarias, secretarias, guardias, profesores y auxiliares, funcionarios y a todo el resto. Espero que la Universidad siga creciendo y nunca deje de lado sus valores y vocación por la creación de conocimiento y sabiduría, cuna de grandes pensadores y aportes a la sociedad desde todas las áreas del conocimiento humano. Recordemos lo que Andrés Bello pronunció en sus palabras del discurso inaugural de la Universidad de Chile, “[...] *He dicho que todas las verdades se tocan, y aun no creo haber dicho bastante. Todas las facultades humanas forman un sistema, en que no puede haber regularidad y armonía sin el concurso de cada una. No se puede paralizar una fibra (permítaseme decirlo así), una sola fibra del alma, sin que todas las otras enfermen.*”.

## Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1	Objetivo General .....	13
2.2	Objetivos Específicos .....	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>RIESGOS Y SESGOS EN PROYECTOS: EVIDENCIA INTERNACIONAL</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>ANTECEDENTES Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO PUENTE .....</b>	<b>22</b>
6.1	Situación actual del puente ferroviario .....	25
6.2	Situación actual del túnel del Cerro Chepe .....	27
6.3	Situación actual del Proyecto Puente Biobío .....	27
<b>7</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>32</b>
7.1	Inexactitudes en los pronósticos .....	32
7.2	Delusions of Success and the Planning Fallacy- Ilusiones de Éxito y la Falacia de Planificación .....	33
7.3	Deception and Strategic Misrepresentation- Engaño y Tergiversación Estratégica .....	35
7.3.1	Problema del Agente- Principal .....	35
7.3.2	Fuentes de tergiversación estratégica .....	37
7.4	Diagnóstico del impacto relativo de la falsa ilusión de éxito y de la tergiversación estratégica .....	38
7.5	Resolviendo la falsa ilusión y la tergiversación estratégica .....	40
7.5.1	Superando el engaño estratégico: Contabilidad y Transparencia .....	40
7.5.2	Superando la falsa ilusión: Reference Class Forecasting .....	42
7.6	Uso de la metodología .....	44
7.6.1	Clasificación de tipos de proyecto de transporte y elección de la Clase de Referencia .....	45
7.6.2	Benchmarking Optimism Bias .....	47
7.6.3	Inclusión del sesgo .....	58
<b>8</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>

<b>8.1</b>	<b>Diagnóstico de la metodología actual de Gestión de Riesgos .....</b>	<b>62</b>
<b>8.2</b>	<b>Análisis de la metodología de Evaluación de proyectos de EFE .....</b>	<b>71</b>
<b>8.3</b>	<b>Diagnósticos del sesgo en EFE y en el Proyecto Puente Biobío .....</b>	<b>73</b>
8.3.1	Tergiversación estratégica: Problema del Agente-Principal y otras fuentes de engaño .....	73
8.3.2	Falsa Ilusión de éxito .....	75
<b>8.4</b>	<b>Análisis de la inclusión del sesgo optimista en el análisis del Proyecto Puente Biobío .....</b>	<b>83</b>
<b>8.5</b>	<b>Inclusión del sesgo .....</b>	<b>84</b>
<b>8.6</b>	<b>Análisis de confianza .....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>9.1</b>	<b>Cuidados con el método Reference Class Forecasting .....</b>	<b>97</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>99</b>
<b>12</b>	<b>TABLAS .....</b>	<b>102</b>
<b>13</b>	<b>FIGURAS .....</b>	<b>120</b>
<b>14</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>
<b>14.1</b>	<b>Anexo 1: Formulación y preparación de proyectos ferroviarios .....</b>	<b>123</b>
14.1.1	Ciclo de vida de un proyecto .....	123
14.1.2	Fase de Pre Inversión .....	124
14.1.3	Tipología IDIs .....	129
14.1.4	Admisibilidad .....	130
<b>14.2</b>	<b>Anexo 2: Estudio de Mott Mac Donald .....</b>	<b>133</b>
<b>14.3</b>	<b>Anexo 3: Problemas del Puente Biobío .....</b>	<b>138</b>
<b>14.4</b>	<b>Anexo 4: Entrevistas .....</b>	<b>140</b>

## Índice de tablas

TABLA 1: DESVIACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN, PRECIOS CONSTANTES .....	18
TABLA 2: DESVIACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS DE DEMANDA DE PASAJEROS .....	19
TABLA 3: CARGA FORESTAL TRANSPORTADA EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO, 2015 .....	23
TABLA 4: VALORIZACIÓN DEL PROYECTO POR PARTIDA .....	29
TABLA 5: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO .....	30
TABLA 6: FLUJO PROYECTADO .....	30
TABLA 7: INDICADORES .....	31
TABLA 8: CATEGORÍAS DE PROYECTO POR ESTRUCTURA .....	46
TABLA 9: SOBRE COSTO PARA EDIFICACIONES Y PROYECTOS TI DE ACUERDO A MOTT MACDONALD .....	54
TABLA 10: PERCENTILES PARA LOS UPLIFTS APLICABLES A LOS COSTOS DE CAPITAL .....	58
TABLA 11: AJUSTE LINEAL DE LOS UPLIFTS .....	60
TABLA 12: ESCALA DE PROBABILIDADES VIGENTE .....	63
TABLA 13: LISTADO DE RIESGOS Y EVALUACIÓN .....	66
TABLA 14: MATRIZ DE RIESGO PARA UN CASO ESPECÍFICO .....	69
TABLA 15: EJEMPLO DE VALORACIÓN DE RIESGO .....	69
TABLA 16: PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE PASAJEROS .....	79
TABLA 17: RESUMEN DE LOS SESGOS ENCONTRADOS .....	82
TABLA 18: VALORIZACIÓN DEL PROYECTO POR PARTIDA RFC .....	86
TABLA 19: FLUJO PROYECTADO RFC, EN MILLONES DE DÓLARES .....	87
TABLA 20: INDICADORES RFC .....	87
TABLA 21: INDICADORES RFC PERCENTIL 50 .....	88
TABLA 22: PERCENTILES Y UPLIFTS .....	88
TABLA 23: FACTORES DE RIESGO PERCENTIL 50 .....	89
TABLA 24: FACTORES DE RIESGO PERCENTIL 95 .....	90
TABLA 25: DESVIACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO AL 95% DE CONFIANZA .....	90
TABLA 26: MATRIZ DE CORRELACIÓN .....	91
TABLA 27: CONTRIBUCIÓN AL <i>VaR</i> DE CADA FACTOR .....	92
TABLA 28: RESULTADOS DEL ANÁLISIS .....	92
TABLA 29: CRECIMIENTO DE PASAJEROS .....	102
TABLA 30: CRECIMIENTO DE CARGA .....	102
TABLA 31: OFERTA DE VÍAS FÉRREAS Y PARTICIPACIÓN DE MERCADO .....	103
TABLA 32: FLUJO DE TROZAS TRANSPORTADAS POR TREN, 2014 .....	104
TABLA 33: FLUJO DE TROZAS TRANSPORTADAS POR TREN SOBRE EL PUENTE FERROVIARIO BIOBÍO, 2014 .....	104
TABLA 34: FLUJO DE PRODUCTOS DISTINTO DE TROZAS TRANSPORTADAS POR TREN, REGIÓN DEL BIOBÍO, 2014 .....	105
TABLA 35: FLUJO DE OTROS PRODUCTOS FORESTALES DISTINTOS DE TROZAS TRANSPORTADOS POR TREN A TRAVÉS DEL PUENTE FERROVIARIO BIOBÍO, 2014 .....	106
TABLA 36: FLUJO DE PRODUCTOS FORESTALES TRANSPORTADOS EN TREN QUE CRUZARON EL PUENTE FERROVIARIO BIOBÍO, 2014 .....	106
TABLA 37: SUPERANDO EL ENGAÑO ESTRATÉGICO .....	107
TABLA 38: CATEGORÍAS DE RIESGOS .....	108
TABLA 39: TABLA DE IMPACTO PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTO .....	111
TABLA 40: COMPONENTES DEL PRESUPUESTO .....	117
TABLA 41: DISTRIBUCIÓN NORMAL .....	119
TABLA 42: TIPOLOGÍA PARA NOMBRAR IDI .....	129
TABLA 43: ETAPAS DE POSTULACIÓN AL SNI .....	130
TABLA 44: ANTECEDENTES DE RESPALDO REQUERIDOS PARA ANÁLISIS DE ADMISIBILIDAD .....	131
TABLA 45: CATEGORÍAS RATE .....	132

## Índice de Gráficos

GRÁFICO 1: MILLONES DE TONELADAS TRANSPORTADAS POR EFE Y EXPECTATIVAS.....	23
GRÁFICO 2: DEMANDA DE PASAJEROS BIOTRÉN EN CONCEPCIÓN.....	25

## Índice de Figuras

FIGURA 1: UN SIGLO DE SOBRECOSTOS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE.....	21
FIGURA 2: PUENTE FERROVIARIO BIOBÍO Y TRAZADO EN ESTUDIO .....	22
FIGURA 3: UBICACIÓN PUENTE BIOBÍO (FLECHA ROJA) Y TÚNEL BAJO EL CERRO CHEPE (CRÍCULO ROJO) .....	26
FIGURA 4: UBICACIÓN PROYECTO PUENTE BIOBÍO .....	28
FIGURA 5: RELACIONES DEL PROBLEMA DEL AGENTE-PRINCIPAL MULTINIVEL .....	36
FIGURA 6: INCENTIVOS Y APRENDIZAJE EN PROYECTOS DE GRAN INVERSIÓN DE CAPITAL .....	39
FIGURA 7: DEFINICIÓN DE SALTOS POR SESGO DE OPTIMISTA DENTRO DE UNA CLASE DE REFERENCIA DADA .....	44
FIGURA 8: SOBRECOSTOS EN CAMINOS.....	49
FIGURA 9: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE SOBRECOSTOS EN CAMINOS .....	50
FIGURA 10: SOBRECOSTO EN PROYECTOS FERROVIARIOS .....	51
FIGURA 11: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE SOBRECOSTOS EN PROYECTOS FERROVIARIOS .....	52
FIGURA 12: SOBRECOSTO EN TÚNELES Y PUENTES .....	53
FIGURA 13: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE SOBRECOSTOS EN TÚNELES Y PUENTES .....	54
FIGURA 14: UPLIFT REQUERIDO COMO FUNCIÓN DEL MÁXIMO RIESGO DISPUESTO A ACEPTAR PARA SOBRECOSTOS EN CAMINOS.....	55
FIGURA 15: UPLIFT REQUERIDO COMO FUNCIÓN DEL MÁXIMO RIESGO DISPUESTO A ACEPTAR PARA SOBRECOSTOS EN PROYECTOS FERROVIARIOS .....	56
FIGURA 16: UPLIFT REQUERIDO COMO FUNCIÓN DEL MÁXIMO RIESGO DISPUESTO A ACEPTAR PARA SOBRECOSTOS EN TÚNELES Y PUENTES .....	57
FIGURA 17: PRESUPUESTO A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO.....	59
FIGURA 18: GESTIÓN DE RIESGOS .....	62
FIGURA 19: CRONOGRAMA ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE PUENTE BIOBÍO, 2012.....	77
FIGURA 20: CRONOGRAMA 21/10/2014.....	77
FIGURA 21: CRONOGRAMA VIGENTE 2/9/2016.....	78
FIGURA 22: ORGANIGRAMA .....	120
FIGURA 23: EJEMPLO DE ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE RIESGOS .....	120
FIGURA 24: PLANO ACTUAL DEL BIOTRÉN .....	121
FIGURA 25: MATRIZ DE IMPACTO Y PROBABILIDAD .....	122
FIGURA 26: CICLO DE VIDA DE PROYECTOS.....	124

## Índice de Anexos

14.1 ANEXO 1: FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE PROYECTOS FERROVIARIOS .....	123
14.2 ANEXO 2: ESTUDIO DE MOTT MAC DONALD .....	133
14.3 ANEXO 3: PROBLEMAS DEL PUENTE BIOBÍO .....	138
14.4 ANEXO 4: ENTREVISTAS .....	140

# Evaluación y sistematización de una metodología para Gestión de Riesgos en proyectos: Caso Proyecto Puente Biobío

## 1 ANTECEDENTES GENERALES

Empresa de los Ferrocarriles del Estado, más conocida como EFE o Grupo EFE, es una empresa autónoma del Estado. Se encarga del transporte de carga y pasajeros por ferrocarril a través de sus distintas filiales ubicadas a lo largo del país. Esta empresa fue fundada el 4 de enero de 1884, contando así en la actualidad con más de 132 años de trayectoria.

Los dos principales negocios de EFE son el transporte de carga y de pasajeros. El transporte de pasajeros es realizado directamente por EFE y sus filiales, mientras que el transporte de carga se desarrolla a través de 2 operadores ferroviarios, o porteadores, que usan la red de la empresa: Ferrocarril del Pacífico (FEPASA) y Transporte Ferroviario Andrés Pirazzoli (TRANSAP). Ambos se encargan de mantener relaciones directas con los generadores de carga, siendo los principales productos que transportan forestales, industriales y mineros.

En Chile se movilizan cerca de 300 millones de toneladas de carga anualmente; y se tiene proyectado que este número más que se duplique en un horizonte de 20 años. La participación modal del ferrocarril es de cerca de 28 millones de toneladas, lo que constituye una proporción pequeña (9,4%) comparada con la de otros países como EEUU (43%). La red ferroviaria en Chile está dividida en dos segmentos, Red Sur y Red Norte. EFE tiene operaciones solo en la Red Sur por medio de los porteadores, quienes deben pagar un costo fijo por acceso a la red, más costos por tonelada transportada por kilómetro (TKBC). El total de carga transportada por la red de EFE alcanza cerca de 11,5 millones de toneladas, es decir, 3,8% del total de la carga a nivel nacional, y 41% del total transportado por ferrocarril. En la Red Norte -donde sólo operan privados-, el ferrocarril cuenta con una mucho mayor participación modal, con cerca de un 66% más de carga transportada.<sup>1</sup> (Ver Tabla 31).

Durante un largo periodo, EFE ha mantenido sus vías sin mayores inversiones ni proyectos, preocupándose solo de realizar obras de reparaciones a las vías existentes con proyectos de conservación y mantenimiento. Sin embargo, dada la oportunidad y la necesidad (por el mal estado y antigüedad de las obras en algunos casos) de poder implementar mejoras que le permitan reinstalarse en el mercado, se ha levantado una gerencia de proyectos dedicada especialmente a la formulación, evaluación y ejecución de proyectos socialmente rentables.

Las oportunidades de EFE se encuentran en el constante crecimiento de las ciudades y la concentración de la población en los centros urbanos, junto con el explosivo aumento del parque automotor, que ha generado un alto nivel de congestión y malestar social. En el sector de carga, la oportunidad se encuentra en que la mayor parte de esta se transporta por camiones, totalizando un 95% de la zona centro sur<sup>2</sup>. La importancia de mejorar en este ámbito radica en la descongestión y descontaminación de los caminos, pues la carga es transportada por camiones que utilizan las

---

<sup>1</sup> [https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/picaf\\_29\\_01\\_14.pdf](https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/picaf_29_01_14.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.subtrans.cl/upload/estudios/CargaNacional-RE.pdf>

mismas carreteras y autopistas que los automóviles. Las principales ventajas del ferrocarril son menores tiempos de traslado, horarios más confiables, más seguridad, menores niveles de congestión y descontaminación, especialmente en puntos como los puertos.<sup>3</sup>

EFE cuenta con una amplia cartera de proyectos que se focalizan en desarrollar nuevos trenes de cercanía que actúan como complemento a otros servicios de traslado como los buses y metro; y en poder mejorar el servicio de carga. Dichos proyectos se encuentran emplazados en los lugares donde EFE cuenta con presencia de faja vía, por lo que el objetivo es mejorar los accesos y servicios actuales.

Dado los altos niveles de inversión que los proyectos ferroviarios involucran, la evaluación de proyectos es central para que estos sean formulados y ejecutados de manera adecuada. Esta es relevante para poder generar una asignación adecuada de los recursos disponibles. Existe una fuerte competencia dentro de las empresas estatales y sectores involucrados por obtener financiamiento. EFE cuenta con ambiciosos planes de inversión y se debe precisar y mejorar la evaluación de proyectos para evitar que ocurran situaciones donde se presentan altos sobrecostos y desviaciones sobre el plazo inicialmente estimado.

Por ser una empresa perteneciente al Sistema de Empresas Públicas, EFE se rige bajo las normas establecidas por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS de ahora en adelante) y sus distintos organismos como lo es el Sistema Nacional de Inversiones (NIP y BIP) entre otros; el Ministerio de Hacienda, por medio de DIPRES; y el Ministerio de Transportes a través de SECTRA. La fiscalización de estos organismos puede oponerse a la entrega de recursos para una empresa que no realiza bien sus proyectos, por lo que EFE debe cumplir adecuadamente la labor de evaluar sus proyectos.

Junto con la evaluación de proyectos, un elemento no menos importante es la gestión de riesgos, pues permite identificar los posibles y potenciales problemas en las distintas etapas. Esto permite poder controlarlos y mitigarlos, reduciendo el impacto.

EFE es una empresa con poca experiencia reciente en ejecución de proyectos, pues ha pasado mucho tiempo desde las últimas obras de gran envergadura que realizó. Rancagua Express es uno de los proyectos más recientes de la empresa, y que no ha estado exento de problemas con los resultados y las proyecciones realizadas. La labor previa al proyecto no fue realizada con la prolijidad necesaria, y el proyecto debió ser detenido por oposición de las comunidades debido a una mala gestión previa y donde se presentó un proyecto incompleto que derivó en sobrecostos de gran importancia (se estimaba una inversión de US\$ 254,7 millones, y actualmente se prevé se elevará hasta US\$630 millones, es decir, 140% más del presupuesto original). Y no sólo eso, pues este proyecto debió haber estado listo a fines de 2015, pero se espera que se entregue completamente recién a fines de 2020<sup>4 5</sup>. En cuanto a los beneficios estimados, todavía no se puede observar como resultarán los hechos, pero se espera trasladar cerca de cinco millones de pasajeros

---

<sup>3</sup><https://www.aar.org/BackgroundPapers/Environmental%20Benefits%20of%20Moving%20Freight%20by%20Rail.pdf>

<sup>4</sup> <http://www.infraestructurapublica.cl/presidente-de-efe-confirma-nuevo-retraso-del-rancagua-express/>

<sup>5</sup> <http://www.latercera.com/noticia/rancagua-express-debutara-operacion-hora-punta/>

por año, cifra de la que no hay mucha certeza que podrá ser alcanzada debido a los cambios de alcance del proyecto<sup>6 7</sup>.

Los problemas ocurridos en Rancagua Express revelan que existe un grado de inmadurez en la gestión de inversiones que debe ser corregida para evitar problemas futuros.

Por otra parte, existe evidencia internacional sobre los proyectos de infraestructura de transporte público, en particular de ferrocarriles, que muestra la existencia de problemas en la evaluación y formulación de proyectos a lo largo de la historia

---

<sup>6</sup> <http://papeldigital.info/lt/2016/08/03/01/paginas/017.pdf>

<sup>7</sup> <http://www.pulso.cl/empresas-mercados/pedro-pablo-errazuriz-rancagua-express-fue-un-proyecto-muy-bien-ejecutado-que-fue-descabezado-con-el-cambio-de-gobierno/>

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

El objetivo general de la presente memoria consiste en evaluar una metodología para medir los riesgos que permita reducir la incertidumbre de los resultados finales de los proyectos teniendo en cuenta las estimaciones iniciales con las que se decide realizar y ejecutar el proyecto. Se empleará como ejemplo la evaluación del Proyecto Puente Biobío, actualmente en etapa de licitación para el desarrollo de ingeniería.

### 2.2 Objetivos Específicos

El correcto análisis de la gestión de riesgos requiere de un profundo trabajo y análisis de la empresa. Este debe ser realizado desde los niveles organizacionales hasta los detalles del proyecto, pues las consecuencias de una mala gestión pueden derivar en el fracaso.

Por la misma razón, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar la actual metodología de evaluación de proyectos y de gestión de riesgos en EFE
- Analizar la literatura existente acerca de evaluación de proyectos, gestión de riesgos y proyectos ferroviarios y de transporte en general
- Analizar metodologías alternativas en evaluación de proyectos y gestión de riesgos. Luego de analizar se planteará la metodología dentro del marco conceptual del proyecto. La metodología elegida debe reducir la incertidumbre en la toma de decisiones en términos de costos y beneficios del proyecto a evaluar.
- Analizar métricas de toma de decisiones con nueva metodología. Las métricas comúnmente usadas en evaluación social de proyectos son el VAN y TIR bajo los criterios de costos sociales, por lo que se mantendrán en la evaluación, pero se analizará la sensibilidad de los resultados obtenidos con la nueva metodología.

Analizar resultado de evaluación y concluir respecto al aporte realizado.

### 3 METODOLOGÍA

Según los objetivos planteados se pretende seguir la siguiente estructura metodológica:

En primer lugar, se realizará un análisis exhaustivo de bibliografía acerca de evaluación de proyectos y gestión de riesgos y las técnicas más recientes que permitan mejorar las metodologías actuales. Para ello se cuenta con documentos de EFE; documentos de los Ministerios de Desarrollo Social, Hacienda y de Transportes y Telecomunicaciones; metodologías internacionales en evaluación de proyectos, en particular el *Green Book* del Reino Unido, potencia y líder en infraestructura ferroviaria; metodologías alternativas para la gestión de riesgos, dentro de los que destacan *papers* de distintos autores; e informes sobre la planificación del Proyecto Puente Biobío; entre otros.

Se procederá a efectuar entrevistas a los agentes involucrados en el desarrollo de proyectos y las distintas áreas, dentro de las que se encuentran las gerencias de cada proyecto (proyecto Alameda- Melipilla y Santiago- Batuco); gerencias de planificación y estudios; negocios inmobiliarios; de finanzas, administración y control de gestión; de seguridad operacional; de ingeniería, entre otras. Además, se realizará un viaje a las dependencias de la gerencia del proyecto Puente Biobío ubicada en Concepción. También se entrevistará a la filial sur de EFE, FESUR, encargada de la operación de EFE en la zona sur y futuro cliente del proyecto puente. Todo esto con el objetivo de poder develar la estructura y funcionamiento de la empresa y la comunicación existente entre las áreas.

A continuación de estudiarán los riesgos en proyectos tomando en consideración los más importantes y críticos en la formulación y ejecución, como la adecuada formulación, comunicación, comunidades, ingeniería, costos, beneficios y plazos, entre otros.

Teniendo las variables más críticas se estudiará el método *Reference Class Forecasting*, o pronósticos en base a clases de referencia, propuesto por el premio nobel de economía, Daniel Kahneman.

Se estudiará en profundidad el proyecto Puente Biobío y su valorización, para luego poder evaluar los sesgos más importantes de acuerdo el método propuesto.

Finalmente se concluirá respecto a los objetivos planteados y harán las recomendaciones respectivas para EFE.

## 4 JUSTIFICACIÓN

La metodología existente para la Gestión de Riesgos en EFE está basada en las recomendaciones del Project Management Institute (PMI). Ésta consiste en identificar, analizar y construir respuestas y generar un seguimiento de los riesgos de acuerdo a la gravedad y urgencia con que se categorizan. La Gestión de Riesgos se transforma en un componente vital para reducir la incertidumbre en la ejecución de proyectos y mejorar utilización de los recursos. El presente trabajo pretende sentar una base alternativa que permita mirar de manera crítica los resultados con los que se toman las decisiones en la evaluación de proyectos en EFE.

Diversos autores (Flanagan y Norman [1] y Bent Flyvbjerg [2], entre otros) han puesto en evidencia la importancia de la formulación y evaluación de proyectos, haciendo hincapié en la efectividad de la gestión de los riesgos en las distintas etapas de ciclo de vida para prevenir futuros problemas.

La metodología de evaluación de proyectos de EFE, propuesta por el MDS, no es distinta a la que las demás empresas y gobiernos proponen, como es el caso de Inglaterra. La mayoría se encuentran basadas en lo que Project Management Institute (PMI) propone por medio del Project Management Book of Knowledge (*PMBOK*), organización estadounidense sin fines de lucro que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de Proyectos e integrada por cerca de 500.000 miembros de casi 100 países, transformándose en “certificador” con estándares de nivel mundial mediante la estandarización de los procesos.

La gestión de riesgos, al igual que la evaluación de proyectos, está basada en lo que el PMBOK sugiere. Existen diversas metodologías adoptadas a lo largo del mundo por diferentes empresas para gestionar sus riesgos, softwares a la medida e incluso softwares libres. Los principales métodos son los cualitativos, cuantitativos, y semi cuantitativos. El más sencillo de todos y que cualquier empresa puede utilizar, es el método cualitativo, pues no hay necesidad de contar con datos estadísticos sobre proyectos anteriores. En la actualidad EFE tiene un método cualitativo, con el que se analizan los riesgos de los proyectos por etapa y se utiliza una tabla de impacto- probabilidad para monitorear y controlar aquellos más graves y costosos. El detalle de esta metodología se presenta en el *PMBOOK Guide* [3], donde se hace un análisis exhaustivo de éste y los demás métodos.

Tanto la Gestión de Riesgos como la Evaluación de Proyectos apuntan a reducir la incertidumbre y a realizar una adecuada formulación previendo que eventos negativos se materialicen. Sin embargo, la evaluación de proyectos apoya a una planificación estandarizada de los proyectos para poder ejecutarlos correctamente. La Gestión de Riesgos, por otro lado, apunta a corregir errores previéndolos y preparándose en caso de que ocurran durante y después de la evaluación -ya sea fortuitos, como factores climáticos, o de carácter previsible, como problemas técnicos; el proceso de gestión de riesgos ha sido reconocido como un proceso muy importante para que se cumplan los objetivos del proyecto en términos de plazo, costos, calidad, seguridad y ambientalmente.

En la presente memoria se priorizará analizar con mayor detalle la actual metodología de evaluación de proyectos, pues se considera de mayor relevancia ya que es el mecanismo a través

del cual se toman las decisiones para realizar los proyectos. Se hará mención de algunos detalles de mejora realizados en la gestión de riesgos y algunos problemas identificados

## 5 RIESGOS Y SESGOS EN PROYECTOS: EVIDENCIA INTERNACIONAL

la industria de la construcción mantener estándares de calidad altos es sumamente importante, pues grandes cantidades de tiempo y recursos (tanto humanos como materiales) son desperdiciados en muchos proyectos. Los procedimientos para el control de calidad de las obras son ineficientes o inexistentes [4]. Cada proyecto es distinto a los demás por emplazarse en diferentes lugares, imponiendo distintas condiciones de desarrollo para cada uno. Es ello es necesaria la realización de una fase previa a la construcción, que es muy larga y costosa, y en la que distintos estudios son fundamentales para tomar las decisiones correctas y lograr el resultado deseado [4, 5]. Al ser los proyectos distintos entre sí y existir un alto nivel de gastos, los riesgos que se asumen son mayores, pues puede haber errores en los diseños y estudios para el desarrollo de los proyectos que deriven en un malgasto de los recursos.

Cabe mencionar que de aquí en adelante se adoptará la definición de inexactitud de los costos amplia e internacionalmente utilizada para medir las diferencias –tanto de subestimación como de sobreestimación- como:

$$\text{Inexactitud del costo estimado} = \frac{\text{Costo actual} - \text{Costo estimado}}{\text{Costo estimado}}$$

donde el costo actual es el costo contabilizado en términos reales al momento de terminar la construcción del proyecto; y el costo estimado representa el costo presupuestado al momento de tomar la decisión de construir el proyecto (o en su defecto el más cercano a dicha fecha que se tenga registro). Análogamente se definen los sobre plazos y la estimación incorrecta de los beneficios.

Un estudio realizado por Mott Macdonald para *HM Treasury, Review of Large Project Procurement in the UK* [6], con el objetivo de levantar el proceso actual de evaluación de proyectos<sup>8</sup> del sector público en UK, reveló la importancia de cumplir con determinados estándares en las fases previas a la ejecución de un proyecto con el objetivo de pasar a través de distintas etapas para un desarrollo de proyectos adecuado que permita la correcta planificación. Los resultados muestran la existencia de un alto grado de sesgo optimista en las estimaciones previas a la ejecución, en particular en términos de subestimación de costos y de plazos, junto con sobreestimación de beneficios. La principal disparidad en costos para los proyectos de infraestructura es la mala formulación económica, aportando con un 58% del sesgo, por lo que se hace evidente la necesidad de mejorar este aspecto.

Bent Flyvberjg en su estudio *How Common and How Large are Cost Overruns in Transport Infrastructure Projects?*<sup>9</sup>, 2003, [7] revela que un 86% de los proyectos de infraestructura tiene

---

<sup>8</sup> La metodología de evaluación de proyectos de Inglaterra está basada en el manual llamado *Green Book*: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/220541/green\\_book\\_complete.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/220541/green_book_complete.pdf)

<sup>9</sup> Los datos recopilados para el estudio representan 258 proyectos y van desde el año 1930 hasta 1998. Se componen de la siguiente manera: Tren 58 proyectos, conexiones (puentes y túneles) 33, caminos 167; las

sobrecostos. Estos son en promedio de 28% más altos con una desviación estándar de 39%, concluyéndose que los costos están sesgados por una subestimación sistemática. La combinación de aumentos en los costos con altas desviaciones se transforma en altos riesgos financieros. Dentro de las conclusiones también señala que los costos no sólo son subestimados con más frecuencia que sobreestimados, sino también que la subestimación es mucho mayor que la sobreestimación.

La Tabla 1 muestra los resultados para los distintos casos estudiados. Los proyectos ferroviarios presentan la mayor diferencia entre los costos reales y los estimados al momento de tomar la decisión de construir: en promedio están subestimados en 44,7% y una desviación de 38,4%. Más aún, los resultados muestran que en uno de cada cuatro proyectos los sobrecostos son al menos 60%; en el caso de los puentes y túneles existe una diferencia de 33,8% y una desviación de 62,4%.

Tabla 1: Desviación de las estimaciones de costos de construcción, precios constantes

<b>Tipo de Proyecto</b>	<b>Promedio de inexactitud (%)</b>	<b>Desviación Estándar (%)</b>	<b>Nivel de Significancia</b>
Tren	44,7	38,4	<0,001
Puentes y túneles	33,8	62,4	<0,004
Camino	20,4	29,9	<0,001

Fuente: Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning [8]

En el estudio de Mott MacDonald [6] se muestra que los plazos están subestimados en un 17% para los proyectos de infraestructura pública, lo que revela otros problemas para la evaluación de proyectos. Estos riesgos deben ser gestionados al igual que los costos para prevenir que las obras sean entregadas fuera de plazo.

Por el lado de los beneficios también existen sesgos de optimismo al evaluar los proyectos. De acuerdo a un estudio realizado por Bent Flyvbjerg [9], *How (In)Accurate are Demand Forecasts in Public Works Projects: The Case of Transportation*, 9 de cada 10 proyectos de infraestructura de transporte fallan en estimar la demanda, con un promedio de sobreestimación de 106%. En particular, muestra que los proyectos ferroviarios tienen en promedio una sobreestimación de 105% en la demanda, con un intervalo de confianza de [23,1%, 151,3%]. De hecho, las demandas reales fueron en promedio 51,4% menores, con una desviación estándar de 28.1% y un intervalo de confianza de [-62,9%, -18,8%], y en forma similar a lo que ocurre con los sobrecostos, para uno de cada cuatro la demanda fue menos de un 70% de lo estimado. Se concluye a partir de este estudio

---

naciones son: Europa 181, USA 61, otro 16; la distribución del tamaño es: >US\$500 million 32. US\$100-500 million 35< and <US\$100 million 191.

que la incertidumbre no puede ser la explicación, pues es consistente a lo largo de los proyectos. Ser crítico en la forma en que se hacen las proyecciones parece ser muy importante.

Tabla 2: Desviación de los pronósticos de demanda de pasajeros

	<b>Tren</b>	<b>Camino</b>
Promedio de inexactitud (%)	-51,4 (SD= 28,1)	9,5 (SD= 44,3)
Porcentaje de proyectos con inexactitudes mayores a $\pm 20\%$	84	50
Porcentaje de proyectos con inexactitudes mayores a $\pm 40\%$	72	25
Porcentaje de proyectos con inexactitudes mayores a $\pm 60\%$	40	13

Fuente: Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning [8]

De hecho, en el mismo estudio se hace una entrevista a distintos Project Manager (PM) acerca de los factores que ellos creen que influyeron en la sobreestimación de la demanda. En el caso de los proyectos ferroviarios, las dos causales señaladas con más frecuencia fueron “distribución del viaje” y “estimaciones sesgadas deliberadamente”. La distribución del viaje en los modelos para estimar la demanda usualmente es adaptada para que encaje con las políticas nacionales o urbanas que apuntan a aumentar el tráfico por tren. Por otro lado, los pronósticos son sesgados deliberadamente para que los proyectos ferroviarios sean construidos en desmedro de otros. El resultado de esto son análisis de costo beneficio que inducen a que los proyectos sean aprobados y construidos, pero no evaluados correctamente.

Un grave problema de esto es la “segunda derivada” [10]. Los resultados equivocados en los pronósticos llevan a análisis del tipo costo-beneficio errados. Estos análisis son utilizados para justificar la ejecución de los proyectos. Sin embargo, al evaluar tanto con problemas en la demanda como en los costos, se genera un doble sesgo que resulta en que proyectos que no se debieran ejecutar lo sean y otros que sí, no lo sean. Igualmente, los estudios de impacto ambiental y socio económicos son muy importantes, fuertemente ligados a los resultados de estos pronósticos. Como señala Bent Flyvbjerg, “[...] más seguido que no, la información que usan los promotores de los proyectos y planificadores para decidir si invertir o no, es poco precisa y sesgada, convirtiendo los planes y proyectos muy riesgosos.” [8]. Cuando se refiere a que los estudios de impacto ambiental están fuertemente ligados a estos pronósticos, se debe a que el impacto de los proyectos está ligado a la cantidad de gente que circulará por las estaciones, cantidad de basura que se generará, cantidad de gente que trabajará, iluminación, ruidos, olores, etc. Si estos cálculos no son correctos dentro de un determinado rango, los resultados de los proyectos pueden tener impactos irreversibles en los lugares donde se emplazan.

La disparidad en los pronósticos realizados para la demanda, costos y plazos en las etapas de evaluación y con los que se toman las decisiones, con respecto a los que realmente ocurren es evidente, y parece ser que esta tendencia ha permanecido en el tiempo a lo largo de décadas, sin mejorar, a pesar de los perfeccionamientos y recursos (mal)gastados en los modelos de estimación [9, 7].

Con el objetivo de generar hipótesis y descartar alternativas sobre las razones de las causas sobre este comportamiento, Bent Flyvbjerg [7] estudia también la conducta de los pronósticos de la demanda y costos a lo largo de la historia. En el caso de los costos los resultados son claros: parece no haber ni un progreso a lo largo de la historia en los procedimientos de evaluación de proyecto a pesar de todos los recursos invertidos. En la Figura 1, en la página a continuación, se grafica la dispersión de los costos a lo largo de la historia con los proyectos dentro del estudio. Se puede apreciar que a lo largo de todo el periodo de evaluación hay proyectos sobre la línea punteada que representa la desviación nula con respecto a los pronósticos. Inclusive se aprecia que el nivel de desviación con respecto a los pronósticos no varía mucho.

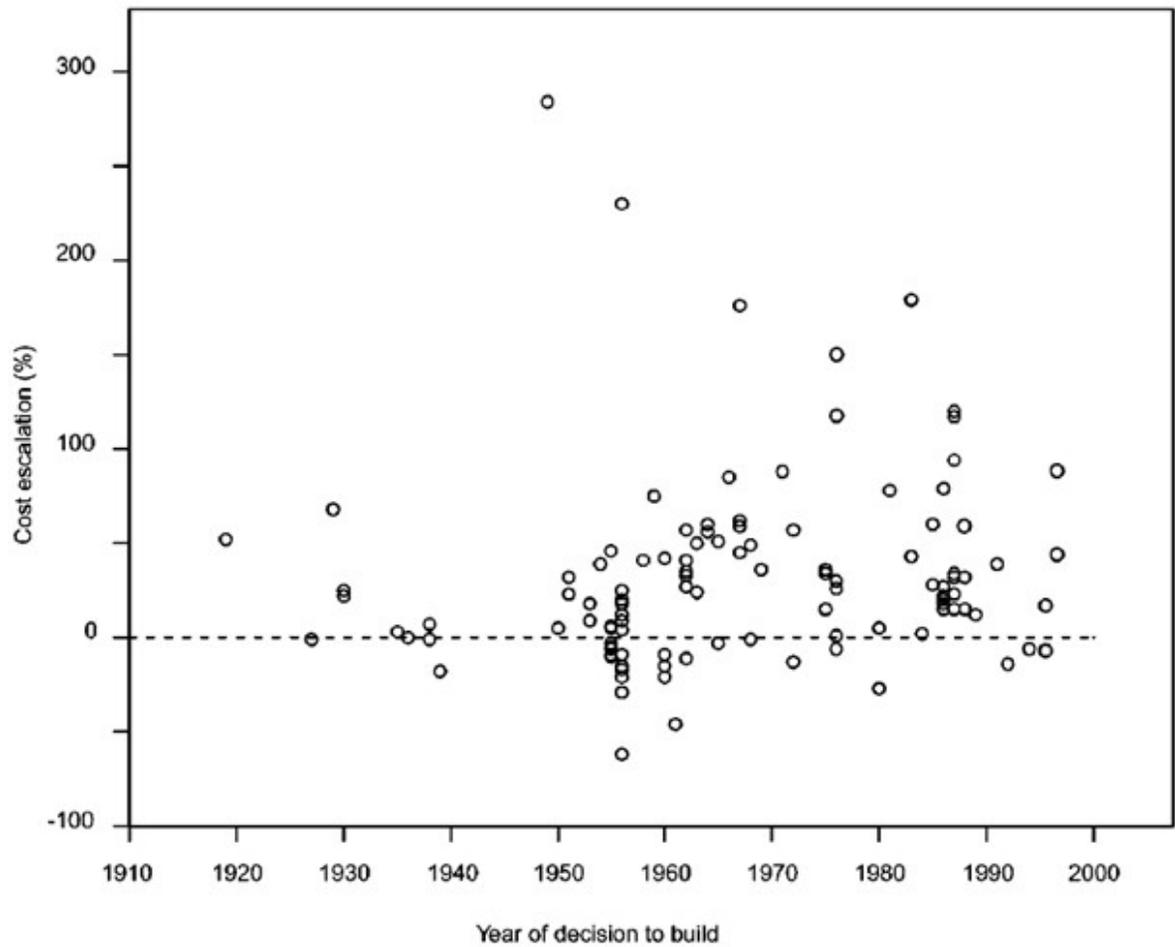
Esta figura nos muestra y entrega evidencia que el comportamiento de los pronósticos no ha cambiado en los último 70 años, lo que significa que, de no cambiar la manera con que se trabaja y realizan los pronósticos, la historia puede ser un buen predictor de lo que podrá ocurrir en los años a futuro.

En el caso de la demanda ocurre lo mismo [9]. En todo el periodo de estudio no hay mejoras significativas en los pronósticos independientemente de la ubicación geográfica de estos, ya sean países desarrollados o no.

La subestimación de costos y de beneficios parece ser la regla más que la excepción. Este estado de las cosas sugiere la necesidad de revisar las metodologías actuales para la gestión de riesgos, buscando alternativas que vayan más allá de los modelos matemáticos propuestos y frecuentemente usados. El principal interés apunta hacia corregir los sesgos que tienen los pronósticos para tomar decisiones con mejor información.

No se cuenta con información que permita comparar la data recién exhibida para proyectos ferroviarios en Chile. Sin embargo, al corresponder los antecedentes anteriores a países desarrollados en los que puede asumirse la existencia de mayor experiencia y procedimientos de evaluación más maduros y asentado, es razonable plantear como hipótesis que en Chile los resultados pueden ser, al menos, similares características. A partir de ello se postula la conveniencia de buscar una forma alternativa al enfoque actual de evaluación de proyectos, con el fin de corregir los sesgos exhibidos en esta sección.

Figura 1: Un siglo de sobrecostos en proyectos de infraestructura de transporte



## 6 ANTECEDENTES Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO PUENTE

Ferrocarriles del Estado quiere volver a posicionarse con fuerza en el mercado de transporte en Chile, tanto a nivel de pasajeros como de carga. Para ello está trabajando en distintos proyectos que le permitirán mejorar los accesos actuales (con nuevas líneas y estaciones) y retomar antiguas rutas, además de abrir nuevos tramos. En esta nueva línea de acción es importante que los proyectos sean exitosos, para lo cual la calidad de los estudios realizados previos a la inversión es de central importancia.

Uno de los proyectos más importantes que tiene EFE es mejorar su servicio de transporte de carga y de pasajeros en la zona sur, polo central de desarrollo para la empresa. Para esto, EFE cuenta con un proyecto de construcción de un nuevo puente ferroviario de doble vía sobre el río Biobío, comprendido entre las estaciones Juan Pablo II en San Pedro de la Paz -ribera sur- y la estación Concepción -ribera norte, como se puede observar en la Figura 2. Se pretende superar las restricciones actuales del antiguo puente (velocidad, peso y capacidad) mediante la construcción de un nuevo puente sobre el Río Biobío y un nuevo túnel bajo el Cerro Chepe.

Con la extensión a Coronel, habilitada a comienzos de 2016, la cantidad de pasajeros transportados aumenta de 7.000 diarios a cerca de 16.000 diarios, aproximadamente 4.000.000 anualmente, es decir, 20% del total de pasajeros transportados por EFE. Con este proyecto se pretende alcanzar un total de 17.000 pasajeros diarios, cifra no muy lejana de acuerdo a los últimos datos reportados por FESUR.

Figura 2: Puente Ferroviario Biobío y trazado en estudio



Fuente: Estudio de Ingeniería, IDOM

La Región del Biobío, lugar donde se emplazará el proyecto, es central para EFE, representando más de 50% de la carga total transportada dentro de territorio nacional. 5,3 millones de toneladas de distintos productos, principalmente forestales (95%) son transportadas anualmente por ferrocarril por los porteadores a través de la red de EFE. Durante el año 2015 circularon sobre el puente 1,3 millones de toneladas, más del 10% del total transportado por EFE y cerca del 20%

de lo que circula en la Región. La carga forestal que pasa por el puente (0,9 millones de toneladas) representa más de 75% del total.

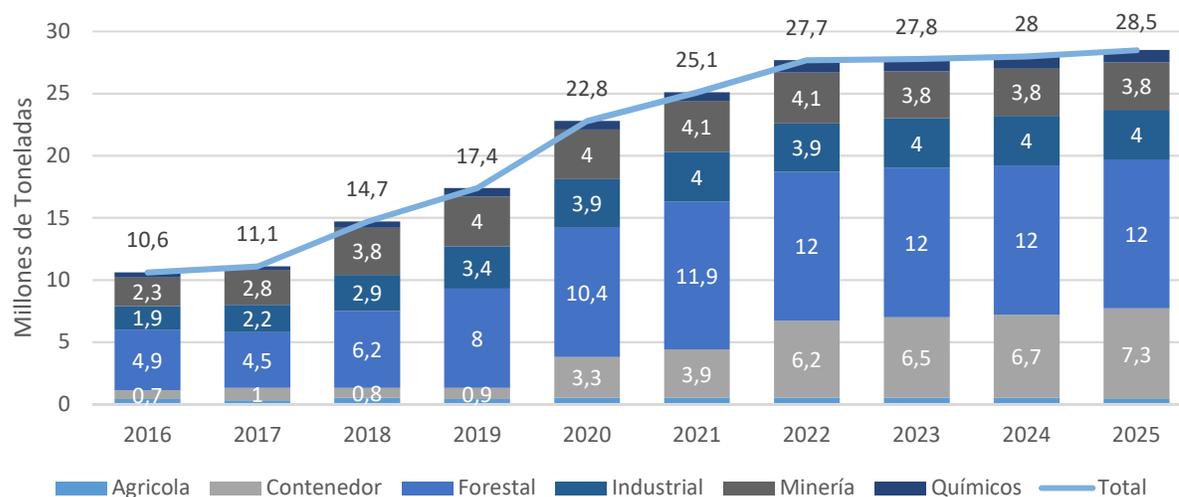
Tabla 3: Carga forestal transportada en la Región del Biobío, 2015<sup>10</sup>

	Miles de Ton	%
Total EFE	10.500	100,00%
Total Región	5.299	50,47%
Total Puente Biobío <sup>11</sup>	990	9,43%

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por EFE

En el siguiente gráfico se observa la carga transportada por EFE a través de los porteadores para las distintas industrias a nivel nacional y la proyección:

Gráfico 1: Millones de toneladas transportadas por EFE y expectativas



Fuente: Estudio ingresado al Ministerio de Desarrollo Social, EFE, marzo de 2016

Como se observa en el gráfico, el sector forestal es muy relevante en la carga transportada, con cerca del 50%. Luego de la explotación las trozas o rollizos obtenidos transportados a los centros de consumos o industria primaria, quienes se encargan de producir diferentes productos a partir de las trozas (trozas para aserraderos, pulpables, tableros, astillas, etc.) para su posterior exportación o explotación en el mercado nacional en la industria secundaria.

<sup>10</sup> Para más detalles del transporte de carga ver la sección de Tablas (Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36)

<sup>11</sup> Ver Tabla 36: Flujo de productos forestales transportados en tren que cruzaron el puente ferroviario Biobío, 2014

Como señala un estudio realizado por OPTYGES<sup>12</sup> para estimar el potencial de carga de rollizos forestales a nivel nacional:

*“[...] El año 2013 el consumo nacional industrial de madera en trozas alcanzó los 41 millones de m<sup>3</sup> ssc, [...]”*

*Geográficamente, el 95% del consumo se realiza en la zona comprendida entre la Región del Maule y la de Los Ríos, siendo la Región del Biobío responsable de un 59% del consumo industrial nacional de trozas de madera. Según la zona de origen de las trozas, las mismas cuatro regiones producen el mismo porcentaje a nivel nacional (95%), con la Región del Biobío responsable de un 53% seguido de la Región de la Araucanía (19%). Las proyecciones indican que el consumo industrial de trozas podría llegar a cerca de los 47 millones de m<sup>3</sup> ssc hacia finales de esta década, para mantenerse más o menos constante por los siguientes 20 años.*

*Una característica importante en la demanda de rollizos, es que los puntos de consumo principales (destinos) tienen un consumo uniforme de madera durante todo el año. Debido a esto, el sector forestal basa su operación de cosecha y transporte en función de mantener una cadena de suministro constante, intentando asemejarse lo más posible a una línea de producción. Es por esto mismo que aparece interesante la propuesta del transporte de rollizos en tren. (El tren es capaz de otorgar un servicio uniforme, independiente y confiable para las forestales, pues el impacto de factores externos como los políticos, económicos, etc. es menor.)*

*Los costos del transporte corresponden al 50% del costo directo de venta de rollizos<sup>13</sup>, siendo realizado casi totalmente mediante camiones, y sólo 365 mil m<sup>3</sup> transportado en tren (cifra año 2014). Luego, mejorar los costos de esta operación sería significativo en la competitividad del mercado mundial, y el transporte ferroviario aparece de manera natural como una oportunidad importante en busca de una mejora en la competitividad de la industria forestal. Además, el tren conlleva otros beneficios ambientales respecto a los camiones tales como la “invisibilidad del tren”, ya que las comunidades no se ven afectadas por congestión, ruido, etc.”*

En el mismo estudio se hace una referencia especial al puente Biobío, señalando que se espera que la carga que circula a través de este para el año 2020 sea del orden de los 4 millones de toneladas, casi el triple del último año; y para el año 2023, cerca de 5 millones toneladas, estabilizándose hacia el futuro.

Con el proyecto del nuevo puente se va a mejorar la frecuencia del Biotrén permitiendo brindar un mejor servicio, pasando de 15 minutos a 10 minutos entre la salida de cada tren. Esto ayudará principalmente a las comunas de Coronel y Lota, las más alejadas de Concepción y que sus habitantes deben transitar por lugares bastante congestionados como San Pedro de La Paz para llegar a la ciudad.

Además, el nuevo puente y túnel serán de doble vía, lo que permitirá eliminar la intermitencia entre los servicios de carga y pasajeros, brindando mayor continuidad y mejorando los tiempos y disponibilidad para el traslado. No existe un estudio que señale la cantidad de

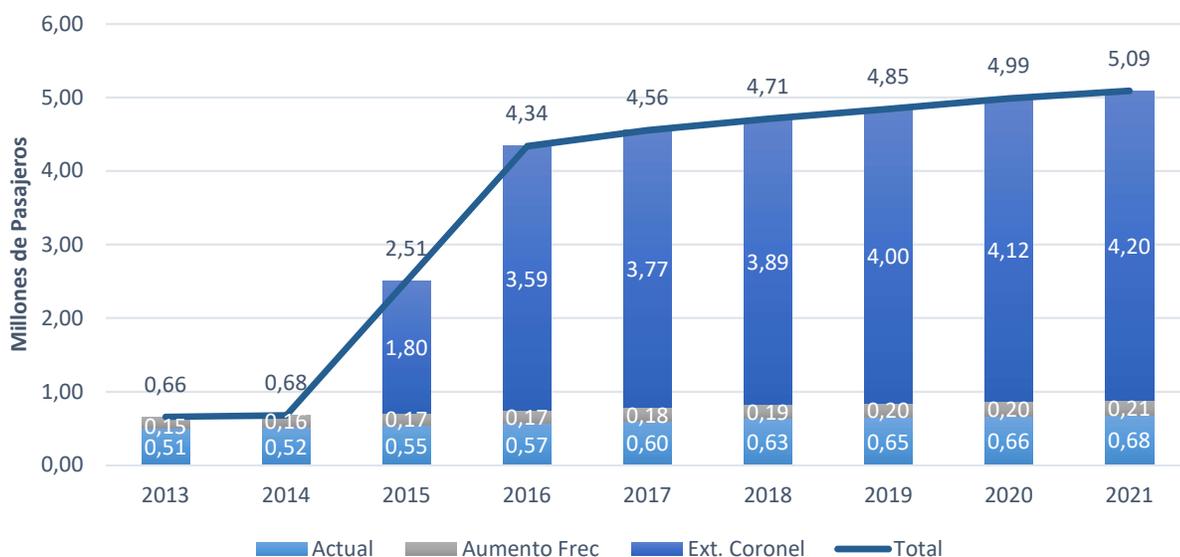
---

<sup>12</sup> Potencial de Carga de Rollizos Forestales para el Sistema de Ferrocarriles, 2015. Estudio proporcionado por EFE.

<sup>13</sup> <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/desafi-os-de-infraestructura-vial> (consultado noviembre 2015).

pasajeros susceptibles de utilizar el tren con el cambio de frecuencia, pero de acuerdo a datos de EFE para el Biotrén se proyecta que este número evolucione como muestra el siguiente gráfico:

Gráfico 2: Demanda de pasajeros Biotrén en Concepción



Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por EFE.

Se observa que se espera un continuo aumento en la demanda de pasajeros por el uso del Biotrén en la zona de Concepción.

A continuación, se ahonda en los detalles del puente y del túnel. Las restricciones que presentan y como se pretende solucionarlas.

## 6.1 Situación actual del puente ferroviario<sup>14</sup>

El puente ferroviario sobre el río Biobío fue construido en 1889 por las antiguas compañías de carbón de la zona, conectando las estaciones de Chepe y Biobío entre la ribera norte y sur del río (Ver Figura 3: Ubicación Puente Biobío (flecha roja) y túnel bajo el Cerro Chepe (círculo rojo)) Tiene una longitud de 1886m y su acceso norte es precedido por un túnel de 225m de largo bajo el Cerro Chepe. Tanto el puente como el túnel han cumplido su vida útil tras más de 100 años de uso y además haber sido expuesto a varias catástrofes naturales, en particular el fuerte terremoto del 27 de febrero de 2010.

En el último tiempo se han evidenciado daños recurrentes en los elementos de la infraestructura del puente, en especial a partir del terremoto de 2010. Estos daños están caracterizados por roturas en pilares de las cepas y en algunos casos por la rotación de éstas, lo que ha demandado sucesivas y mayores reparaciones para restituir la conectividad (ver

<sup>14</sup> Estudio de Factibilidad para el mejoramiento de la conectividad ferroviaria sobre el río Biobío, sector Concepción. IDOM, 2013

### Anexo 3: Problemas del Puente Biobío).

El puente actual presenta restricciones en su uso como la velocidad y el peso que debe soportar, lo cual causa impedimentos en el tráfico de ferrocarriles y en la entrega de un buen servicio. La capacidad es otro problema, pues al tener solo una vía los servicios deben funcionar intermitentemente entre carga y pasajeros, debiendo suspender el tráfico de pasajeros en determinados horarios del día.

Figura 3: Ubicación Puente Biobío (flecha roja) y túnel bajo el Cerro Chepe (círculo rojo)



Fuente: Elaboración propia, Google Maps

#### Restricciones del actual puente ferroviario sobre el río Biobío

Como se mencionó anteriormente, el puente presenta múltiples restricciones para su uso actual.

En primer lugar, dada su antigüedad, este se encuentra en conflicto con algunas normativas, como, por ejemplo, tener instalaciones de gas y electricidad adosadas a su estructura. De acuerdo con la ley vigente, esto no está permitido.

En una entrevista con el gerente de proyectos de FESUR se develaron otras limitaciones del puente. *“Por su estructura y diseño presenta limitaciones geométricas que impiden soportar el peso y velocidad adecuadas. Al llegar a la ribera norte del puente, antes del túnel, este presenta un descuadre de altura que impide que los trenes circulen con la velocidad adecuada. En el caso de los trenes de pasajeros, estos pueden cruzar hasta alcanzar una velocidad de entre 40 y 50 km/h, pero al llegar al final, deben desacelerar hasta cerca de 20 km/h. En el caso de los trenes de carga, estos presentan aún mayores problemas, ya que pudiendo alcanzar una velocidad máxima de 30 km/h, deben inclusive realizar maniobras previas al cruce y utilizar dos locomotoras distintas para realizar el cruce del puente, pues éste no es capaz de soportar la longitud total de los carros adosados.”* Inclusive, como se señaló en la entrevista, *“[...] dada la forma de construcción, materialidad y antigüedad de éste, el puente se encuentra geométricamente desplazado, de manera que, si se intentase mirar en línea recta a través de éste, se alcanzaría a notar la curvatura presente en él dadas las acomodaciones de los fierros para soportar las cargas con el pasar del tiempo.”*

Se han contratado estudios de ingeniería por parte de EFE donde se confirman estas restricciones y se especifican otras como las cepas dañadas, síntomas de pandeo, corrosión en los materiales, fisuras, deformaciones y elementos rotos, entre otros.

Frente a estos problemas se deben tomar medidas preventivas: quitar continuidad al servicio de pasajeros y de carga es una de ellas, debiendo estos funcionar intermitentemente a lo largo del día; como se mencionó anteriormente, los trenes de carga deben separar la carga en dos locomotoras para disminuir el peso de las toneladas sobre los ejes; reducción de velocidades; suspender el servicio ante sismos de mediana intensidad para realizar inspecciones y reparaciones si correspondiese para poder reanudar el servicio, entre otras. Estas medidas afectan la operatividad de Ferrocarriles en el sector, transformándose en un cuello de botella.

## 6.2 Situación actual del túnel del Cerro Chepe

El actual túnel en el Cerro Chepe tiene una longitud de 225 m y una altura de 4,7 m. Se encuentra situado en una curva de 275 m de radio y diseñado para una sola vía. Fue construido en 1889 con el propósito de proteger la vía férrea de las crecidas del río Biobío. Es el acceso norte al viaducto que cruza el río Biobío en Concepción. Al igual que el puente, fue construido para el Ferrocarril Particular a Curanilahue, que corría hacia las minas de Carbón de Coronel y Lota y conectaba las antiguas estaciones de Chepe y Biobío.

### Restricciones del actual túnel bajo el Cerro Chepe

Respecto al túnel del Chepe EFE el estudio considera en todos los escenarios la eliminación de las restricciones técnicas que actualmente tiene el túnel: limitaciones de galibo eléctrico, que dada la altura actual presenta un problema para las locomotoras de carga pues éstas tienen una altura de 4,5m y pasan a tan solo 20cm del galibo del túnel de 4,7m de altura, lo que puede causar graves problemas, además de restringir el tamaño de las locomotoras que pueden pasar a aquellas con una potencia de 3000 HP. Como medida preventiva y ya que las locomotoras de carga son diésel, cuando cruzan el túnel se debe desconectar el sistema eléctrico.

Lo anterior también impone limitaciones de velocidad hasta 20 km/h, pues el túnel queda en plena obscuridad. Otro factor importante, es que el radio del puente no es suficiente para permitir que los trenes vayan más rápido que 30 km/h.

Como última acotación, el proyecto debe tener sumo cuidado con las áreas donde intervendrá, pues *“El Cerro Chepe es además un Inmueble Paleontológico de Conservación Histórica (Código T25) y para cualquier intervención, se deberá dar cumplimiento a la Ley de Monumentos Nacionales, que establece que, -al descubrir o encontrar un resto paleontológico- se deberá detener las obras y notificar al Consejo de Monumentos Nacionales, para que disponga las medidas pertinentes en función de potenciar este tipo de áreas como una atracción especial en el ámbito turístico, recreacional, cultural y educacional.”*<sup>14</sup>

## 6.3 Situación actual del Proyecto Puente Biobío

El proyecto contempla una inversión de US\$ 120 millones de dólares, establecidos dentro del Plan Trienal 2014-2016. Dentro del mismo están considerados los siguientes aspectos:

1. Puente de doble vía balastado
2. Construcción de un nuevo túnel ferroviario de 325m de longitud
3. Rediseño del patio de maniobras de la estación Biobío
4. Intervención de una longitud de 6km de vía, desde la zona del triángulo Chepe hasta el término de la estación Biobío, inclusive el patio de maniobras de la misma estación

Figura 4: Ubicación Proyecto Puente Biobío<sup>15</sup>



Fuente: Estudio Ingeniería, IDOM

Entre las alternativas consideradas para el proyecto había algunas que contemplaban construir el nuevo puente aguas arriba del actual, las que fueron descartadas debido a la existencia de un campamento de 68 familias al costado del Cerro Chepe y la calle Temístocles Rojas.

La evaluación del proyecto proyecta que la inversión sea cercana a los 120 millones de dólares y se pretende realizar en un plazo de tres años.

De acuerdo al plan original de EFE el proyecto debiese haber estado listo para finales de este año, completamente construido. Sin embargo, retrasos por distintas razones, entre las que se encuentran demoras con la evaluación y elección de la alternativa, problemas con la gestión de las comunidades aledañas al proyecto, entre otras, han llevado a que el proyecto cambie su calendarización y se proyecte para finales de 2020, comenzando su ejecución en 2018.

A la fecha, el último hito relevante del proyecto es la licitación de la etapa de ingeniería de detalle, con la que se pretende dejar el proyecto listo para ejecutar; sin embargo, este es un proceso largo que puede tardar cerca de un año.

<sup>15</sup> Para ver el mapa completo hasta la estación de coronel ver Figura 24: Plano actual del Biotrén

A continuación, se presenta la valoración por partida del proyecto:

Tabla 4: Valorización del proyecto por partida

<b>Concepto</b>	<b>Valorización US\$</b>
<b>Estudios</b>	<b>24.327.768</b>
<b>Construcción</b>	<b>90.400.121</b>
<i>Túnel</i>	<i>9.633.310</i>
<i>Puente</i>	<i>37.146.295</i>
<i>Sistemas Ferroviarios</i>	<i>11.072.710</i>
<i>Superestructura Vía Férrea</i>	<i>8.194.161</i>
<i>Electrificación, Señalización y Comunicaciones</i>	<i>2.878.549</i>
<i>Interferencias, Permisos, Cump. DIA, etc</i>	<i>17.000.000</i>
<i>Expropiaciones</i>	<i>1.114.172</i>
<i>Impuestos</i>	<i>14.433.633</i>
<b>Total</b>	<b>114.727.890</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por EFE, Estudio Orión.

Esta valoración está hecha en base a los costos reales de inversión, sin considerar la evaluación social de proyectos, que en este caso corresponde aplicar, pues el agente económico dueño del proyecto es la sociedad, representada por medio de EFE. La normativa del MDS establece que los proyectos en sus etapas iniciales de evaluación, como el perfil, se debe aplicar un ponderador de 0,8 a los costos del proyecto<sup>16 17</sup>.

De acuerdo a esto, el resultado de la valoración sería el siguiente:

<sup>16</sup> La razón por la que se debe aplicar un factor de descuento es porque los proyectos realizados por medio de entidades gubernamentales presentan distorsiones de mercado, como los subsidios, mercados monopólicos, entre otros. El efecto de esto se traduce en que los precios no reflejan adecuadamente el costo de oportunidad de los recursos.

<sup>17</sup>[http://www.academia.edu/6765025/NIP\\_VIGENTE\\_PAR%C3%81METROS\\_EVALUACI%C3%93N\\_PROYECTOS\\_VIALIDAD\\_INTERURBANA\\_PAR%C3%81METROS\\_PARA\\_EVALUACIONES\\_A\\_NIVEL\\_DE\\_PERFIL\\_PROYECTOS\\_VIALIDAD\\_INTERURBANA](http://www.academia.edu/6765025/NIP_VIGENTE_PAR%C3%81METROS_EVALUACI%C3%93N_PROYECTOS_VIALIDAD_INTERURBANA_PAR%C3%81METROS_PARA_EVALUACIONES_A_NIVEL_DE_PERFIL_PROYECTOS_VIALIDAD_INTERURBANA)

Tabla 5: Evaluación Social del Proyecto

<b>Concepto</b>	<b>Valorización US\$</b>
<b>Estudios</b>	<b>19.462.215</b>
<b>Construcción</b>	<b>72.320.097</b>
<i>Túnel</i>	<i>7.706.648</i>
<i>Puente</i>	<i>29.717.036</i>
<i>Sistemas Ferroviarios</i>	<i>8.858.169</i>
<i>Interferencias, Permisos, Cump. DIA, etc</i>	<i>13.600.000</i>
<i>Expropiaciones</i>	<i>891.338</i>
<i>Impuestos</i>	<i>11.546.906</i>
<b>Total</b>	<b>91.782.312</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por EFE, Estudio Orion.

Estos resultados son utilizados para realizar el flujo proyectado para el proyecto, junto con las demandas proyectadas para la Región y el puente, pues la evaluación y la decisión se realizan en base a los resultados sociales.

La inversión es distribuida en los tres primeros años del proyecto de acuerdo a una regla 30-50-20, asignando al primer año el 30% de la inversión, al segundo un 50% y al tercero un 20%, de acuerdo a la curva de gastos típica para proyectos de este tipo. El horizonte de evaluación se establece de acuerdo a lo que sugiere la normativa del MDS, por 20 años<sup>34</sup>.

Los resultados obtenidos, en millones de dólares, son los siguientes:

Tabla 6: Flujo proyectado

<b>Año</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Inversión	-27,50	-45,90	-18,40						
Beneficios				25,52	34,0	34,73	35,43	36,13	36,84
Mantenimiento			-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28
Flujo de caja	-27,50	-45,90	-18,68	25,24	33,7	34,45	35,14	35,85	36,56
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>
Inversión									
Beneficios	37,56	38,28	39,02	39,76	40,50	41,26	42,02	42,7	43,57
Mantenimiento	-0,28	-0,28	-0,28	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Flujo de caja	37,27	38,00	38,73	39,43	40,18	40,93	41,70	42,4	43,24

Fuente: Evaluación del Proyecto Puente Biobío, IDOM

Los resultados de la Tabla 6 se obtienen de la evaluación realizada por la empresa IDOM, donde se calculan los beneficios a partir de la demanda de pasajeros -determinados por la estimación del ahorro de tiempo de viaje- y de carga -calculados a partir de la cantidad de carga que cambiaría de modo de transporte hacia el ferrocarril- estimadas para los años señalados en el

flujo. El mantenimiento se calcula a partir del mismo informe, donde la empresa toma como principales variables de mantenimiento las vías, la electrificación, la señalización y la infraestructura.

Para el cálculo de los indicadores se utiliza una tasa social de descuento, entregada por el MDS. En Chile esta tasa es de un 6%, con lo que se obtiene lo siguiente:

Tabla 7: Indicadores

<b>Indicadores</b>	
Inversión Social [MMUSD]	91,80
VAN [MMUSD]	215,3
TIR	26,98%

Fuente: Evaluación del Proyecto Puente Biobío, IDOM

El proyecto presenta un valor presente mayor que cero y particularmente alto, lo que indica que el proyecto es rentable; y la tasa interna de retorno también muestra lo mismo, siendo particularmente alta, lo que significa que el costo de oportunidad del proyecto sería muy alto. Esto muestra que el proyecto, con el análisis anterior, es socialmente deseable y se justifica la inversión en el corto plazo para poder solucionar los problemas y restricciones del puente actual.

## 7 MARCO CONCEPTUAL

*“When pessimistic opinions are suppressed, while optimistic ones are rewarded, an organization’s ability to think critically is undermined.”* (Daniel Kahneman, Premio Nobel de Economía, 2002)

En esta sección se pretende establecer la base teórica de la presente memoria. Una de las fuentes más relevantes es el trabajo realizado por Daniel Kahneman, *Delusion of Success* [11] basado en sus estudios que lo llevaron a obtener el premio Nobel de economía en 2002. Este trabajo se utilizó posteriormente para crear un método de estimación para pronósticos basado en clases de referencia, *Reference Class Forecasting*. Se basa en el uso de información externa, *outside view*, para tomar información como punto de comparación al momento de evaluar un proyecto en vez de información interna, muchas veces sesgada, como se explicará a continuación.

Para mejorar los resultados, es necesario implementar controles que permitan eliminar los sesgos y la incertidumbre en los proyectos, lo que es muy relevante dado los altos costos de inversión asociados a la industria ferroviaria, sobre todo cuando parece haber problemas sistemáticos en la estimación de costos y beneficios a lo largo de la historia. [12]

### 7.1 Inexactitudes en los pronósticos

Flyvbjerg, Holm y Buhl; Flyvbjerg y COWI; Flyvbjerg y Lovallo, entre otros [13, 7, 14, 9, 15] testearon distintas explicaciones de carácter técnico, psicológico y político-económico para las inexactitudes en las proyecciones.

Según los estudios, las explicaciones técnicas dominan en la literatura y explican los malos resultados en términos de problemas con la data utilizada, cambios de alcance a lo largo del proyecto y uso de modelos inadecuados para pronosticar, entre otros. Los autores testean empíricamente estas hipótesis sobre los malos resultados por problemas técnicos, y plantean que este tipo de explicación no explica lo que realmente ocurre, principalmente por dos razones: en primer lugar, si estas explicaciones fueran válidas, se esperaría que las distribuciones de los malos pronósticos fueran normales o cerca de normales con promedio cercano a cero. Sin embargo, las distribuciones de las inexactitudes de los pronósticos son consistente y significativamente no normales con promedios significativamente distintos de cero. Esto significa que el problema es sesgo y no imprecisión; y, en segundo lugar, si los datos y los modelos fueran el problema, se esperaría una mejora en los pronósticos con el pasar del tiempo, lo que no ha ocurrido. Esto implica que hay algo más que problemas con la data y los modelos.

Las explicaciones psicológicas, por otro lado, dan cuenta de la imprecisión en términos del sesgo optimista (OB por sus siglas en inglés), que es la predisposición cognitiva de los sujetos a juzgar los eventos futuros de manera más positiva de lo que representa la experiencia. Se podría argumentar que las personas realizando los pronósticos por primera o segunda vez serían más susceptibles a cometer errores y que con la experiencia este tipo de sesgo se debería eliminar dada la predisposición del ser humano a aprender de los errores. Sin embargo, la data no muestra eso. El sesgo por optimismo en los resultados sería una razón menos fuerte que la anterior, pero no descartable.

Las explicaciones político-económicas plantean la imprecisión en términos de tergiversación estratégica, lo que no es otra cosa que argucia. En este sentido, los planificadores y pronosticadores sobreestiman los beneficios y subestiman los costos deliberada y sistemáticamente para poder mejorar las posibilidades de que sean sus proyectos y no otros los que obtengan los recursos.

De esta manera, los malos resultados pueden ser agrupados en tres principales categorías [12]: i) falsas ilusiones de éxito o errores honestos; ii) engaños o tergiversación estratégica de la información; iii) o simplemente mala suerte. En este sentido, la tercera razón (que se va de la mano con las explicaciones técnicas antes mencionadas como la complejidad del proyecto, incertidumbres en la demanda, tecnologías, etc.) es la más frecuentada como explicación por los planificadores o pronosticadores. Sin abandonar esta posibilidad, en el presente trabajo se ahondará en las dos primeras razones, ambas con consecuencias en las tasas de imprecisión o en las tomas de decisiones. La principal diferencia entre ellas radica en la intencionalidad del acto en sí mismo. Mientras la primera es un acto ilusorio y sin intención de hacer daño por parte de los administradores que son víctimas de sus intenciones, la segunda es un acto que puede percibirse como malintencionado por falsear los resultados para obtener los recursos necesarios para los proyectos. La primera es psicológica y la segunda es motivada por preferencias e incentivos de los actores en el sistema.

A continuación, se expone sobre las ilusiones de éxito y la tergiversación estratégica y sus posibles soluciones.

## 7.2 *Delusions of Success and the Planning Fallacy*- Ilusiones de Éxito y la Falacia de Planificación

El título de este apartado hace referencia a un estudio realizado por Daniel Kahnemann y Dan Lovallo el año 2003 [11] por sus estudios en la toma de decisiones bajo incertidumbre. En su estudio, los autores dan cuenta de las razones por las que los ejecutivos toman decisiones que muchas veces terminan con malos resultados. Ellos señalan que “[...] *de acuerdo a la teoría estándar de economía, las altas tasas de fracaso son simples de explicar: la frecuencia de malos resultados es inevitable para las compañías que toman riesgos racionales en situaciones inciertas. Los emprendedores y managers lo saben y aceptan las consecuencias porque el premio por riesgos es suficientemente tentador, y en largo plazo, las pérdidas de muchos fracasos serán compensadas por las ganancias de muchos éxitos.*” [11].

Para los autores esto es un “argumento atractivo”, pues “alivia” a los tomadores de decisiones de haber asumido ciertos riesgos. Sin embargo, ellos van más allá y analizan este fenómeno desde perspectivas muy distintas que los llevan a concluir que la raíz de los problemas está en lo que los psicólogos llaman “*planning fallacy*” o la falacia de planificación. Esta hace referencia a la toma de decisiones de los managers basada en falsas ilusiones de éxito, en contraposición a evaluar de manera adecuada los costos y beneficios de las alternativas con sus probabilidades de ocurrencia. Esto es conocido como sesgo cognitivo, es decir, un patrón sistemático de desviaciones de la norma.

Como principal causa a este problema ellos identifican a los managers tomando decisiones en base a una “*inside view*”, o visión interna, en vez de una “*outside view*”, o visión externa. En

la visión interna de la compañía los tomadores de decisión tienen una fuerte tendencia a considerar los problemas y proyectos que enfrentan como únicos concentrándose en lo particular del caso al momento de generar soluciones, por lo que la toma de decisiones de las empresas tiende a estar sesgada por sus capacidades y la de sus ejecutivos, junto con las proyecciones de crecimiento que ellos poseen y la presión por las metas que deben cumplir.

Se ha demostrado que adoptar una visión externa del problema puede mitigar las falsas ilusiones. En ella se ignoran los detalles específicos del proyecto y se utiliza una amplia gama de proyectos similares que permiten revelar los posibles resultados con mayor precisión. Esto se conoce como *Reference Class Forecasting*, o Pronósticos en base a Clases de Referencia.

La raíz de la falacia de planificación está en que los planificadores y dueños del proyecto tienden a verlo como único, y por ende toman una visión interna al momento de evaluar los proyectos, cuando en realidad los proyectos son más parecidos de lo que parecen entre ellos de lo que se cree. Siempre hay lecciones de otros proyectos que se pueden tomar en cuenta, como, por ejemplo, los sobrecostos o subestimación de los beneficios en la planificación, al menos estadísticamente.

Otro fenómeno no menos importante, y de hecho uno de los más robustos sesgos al momento de la toma de decisiones y que afecta las falsas ilusiones de éxito, es el “*anchoring and adjustment*” o efecto señuelo y ajuste. Al igual que la *planning fallacy*, es un sesgo cognitivo donde el comportamiento tiene a confiarse mucho en la “primera pieza de información ofrecida”, que en el caso de evaluación de proyectos no es otra cosa que la evaluación preliminar de un proyecto. En la mayoría de los casos es visto como uno “realista”. Este anclaje al resultado preliminar de evaluación por lo general no se ajusta lo suficiente a la realidad de los resultados de un proyecto.

El método de *Reference Class Forecasting* es útil para enfrentar ambos tipos de sesgos y ha dado mejores y más exactos resultados que los métodos tradicionales [9] pues “*sobrepasa sesgos políticos [...] y ve directamente los resultados. No es necesario suponer escenarios, imaginar eventos o depender de las habilidades de los demás, por lo que no puede tener todos estos supuestos malos [...], por seguro que no tiene fallas extremas en la estimación.*” [8].

Es por estos motivos descritos por estos autores y diversos estudios y la historia detrás de la evaluación de proyectos que se recomienda el uso de pronósticos basados en clases de referencia. En palabras de la American Planning Association (APA): “*La APA alienta a los planificadores a usar el pronóstico por clase de referencia en adición a los métodos tradicionales como una forma de mejorar la exactitud. El método del pronóstico por clase de referencia es beneficioso para los proyectos no rutinarios... Los planificadores nunca deberían confiar únicamente en la tecnología de la ingeniería civil como una forma de construir los pronósticos de un proyecto.*”<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> American Planning Association, 2005, "JAPA Article Calls on Planners to Help End Inaccuracies in Public Project Revenue Forecasting", news release, April 7.

### 7.3 *Deception and Strategic Misrepresentation-* Engaño y Tergiversación Estratégica

“*The directors of such [joint-stock] companies, however, being the managers rather of other people’s money than of their own, it cannot well be expected, that they should watch over it with the same anxious vigilance with which the partners in a private copartnery frequently watch over their own. Like the stewards of a rich man, they are apt to consider attention to small matters as not for their master’s honour, and very easily give themselves a dispensation from having it. Negligence and profusion, therefore, must always prevail, more or less, in the management of the affairs of such a company.*”. Adam Smith. *The Wealth of Nations*, 1776, Cannan Edition (Modern Library, New York, 1937) p. 700.

En este caso, el problema y los sesgos surgen ya que las decisiones son tomadas bajo engaño o tergiversando estratégicamente los resultados para obtener los deseados, lo que los economistas denominan como problemas de agente-principal. Los managers y políticos, entre otros, tergiversan los pronósticos y la información deliberada y estratégicamente, alterando beneficios y costos para incrementar la probabilidad de que sus proyectos sean elegidos sobre otros. [12]

Las presiones políticas y organizacionales en la toma de decisiones involucran dos tipos de problemas: problema del Agente-Principal y *sources of strategic deception* -fuentes de engaño estratégico [12].

#### 7.3.1 Problema del Agente- Principal

Este famoso problema de riesgo moral ha sido analizado ampliamente en el contexto de las firmas privadas, pero puede ser aún más perjudicial en firmas públicas.

El problema del P-A, por sus siglas en inglés Principal-Agent, en ciencias políticas y economía ocurre cuando una persona o entidad – el “principal”- depende de la acción de otra - “el agente”. El problema se origina debido a que el principal no cuenta con información completa respecto al comportamiento moral del agente, por lo que se presenta una situación de asimetría de información entre ambos que deriva en la desviación del comportamiento del agente en pos de su beneficio y en desmedro del principal. Esto no es otra cosa que un problema de riesgo moral. El agente toma más riesgos de los que debería dado que los asume el principal. El agente sabe más sobre sus intenciones al momento de tomar riesgo que quien paga las consecuencias. Ampliamente, el riesgo moral existe cuando el agente tiene una tendencia o incentivo a comportarse inapropiadamente desde la perspectiva de aquel con menor información, el principal.<sup>19, 20</sup>

En los grandes proyectos de capital el problema P-A ocurre en varios niveles. En *Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects*, de Bent Flyvbjerg y Dan Lovall [12] lo explican muy bien:

Considerar un gobierno que intenta construir un túnel a través de una gran ciudad para beneficiar a los residentes locales, y más aún, a toda la nación. Este proyecto competirá con

---

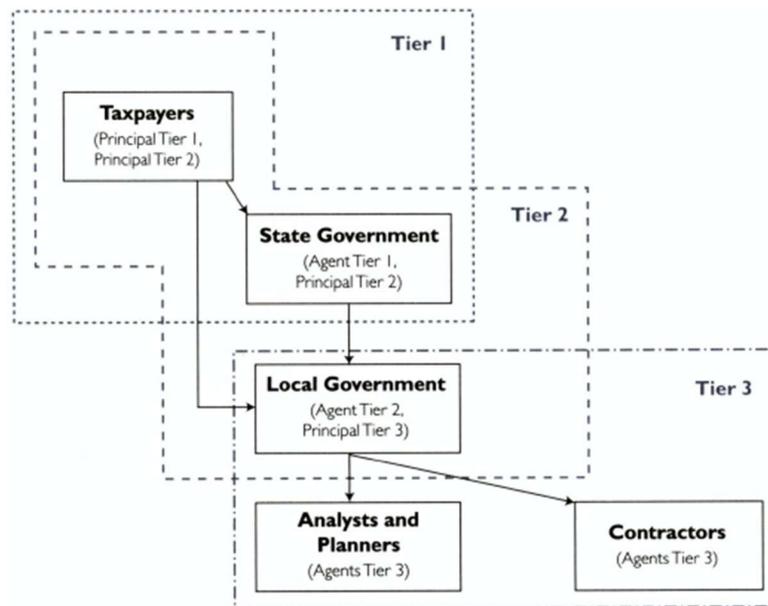
<sup>19</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Principal%E2%80%93agent\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Principal%E2%80%93agent_problem)

<sup>20</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Moral\\_hazard](https://en.wikipedia.org/wiki/Moral_hazard)

otros del país para obtener fondos, y una vez que sea aprobado, el gobierno licitará la construcción. El ganador construirá el túnel.

En la Figura 5 se puede apreciar la complejidad de las relaciones en proyectos de P-A multinivel. El primer nivel, o *Tier 1*, engloba la relación entre quienes pagan impuestos, o “*taxpayers*”-contribuyentes-, y el gobierno, o “*state government*”. Los pagadores de impuestos representan al principal en el problema, mientras que el agente está representado por el gobierno que supuestamente debe comportarse de acuerdo a los intereses de los pagadores de impuesto. Como beneficiarios del proyecto, los contribuyentes esperan que se les entregue la mayor parte de los beneficios a la comunidad incurriendo en el mínimo costo, disminuyendo los riesgos y completando el proyecto en los plazos acordados. Los individuos del gobierno, elegidos por los contribuyentes, típicamente tienen sus propios intereses, como, por ejemplo, ser reelegidos o recordados por sus obras.

Figura 5: Relaciones del Problema del Agente-Principal Multinivel



Fuente: Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects

El segundo nivel, o *Tier 2*, engloba tanto a los contribuyentes como al gobierno actuando como agentes del problema. Con respecto a los contribuyentes, el gobierno tiene la obligación de proveer la infraestructura que entregue los mayores beneficios posibles a la comunidad y que sea entregada dentro del presupuesto y a tiempo. El gobierno local, por su lado, tiene la obligación de asignar los recursos fiscales de la mejor manera posible, lo que supone mantener la mayor transparencia en cuanto a costos y beneficios de lo que proponen y de informar al gobierno con los mejores pronósticos para tomar decisiones informadas. Sin embargo, dada la competencia por fondos, el gobierno local tiene el incentivo de subestimar los costos y sobreestimar los beneficios. Los beneficios son sobreestimados porque cuando el gobierno toma la decisión sobre a qué proyectos entregar recursos se privilegia aquellos con mayor impacto positivo, dejando de lado el control de riesgos y costos.

El tercer nivel, o *Tier 3*, engloba al gobierno local como principal y como agentes a los a los contratistas, planificadores y analistas, entre otros. Los analistas y planificadores deben reunir la información necesaria para tomar la decisión final sobre si se debe seguir con el proyecto adelante o no, por lo que tienen un incentivo para proveer información compatible para satisfacer al gobierno local, aprobar el proyecto y ser contratados de nuevo con el proyecto. Según un manager entrevistado por Flyvbjerg y COWI “los consultores (analistas y planificadores) más decentes harán saber cuándo un proyecto es realmente malo o no, pero existe una zona gris en la que los consultores intentarán prolongar la vida del proyecto, lo que equivale a aprobarlos. Es lo que necesitan para sus ganancias.”. Otro entrevistado en el mismo estudio reconoce que los planificadores tienen mejor información que los políticos, pero no tienen incentivos reales a revelar la información, sino todo lo contrario: “Como planificador sabrás los verdaderos costos con recurrencia, reconocerás que el presupuesto está equivocado, pero es difícil entregar ese mensaje a los políticos y a los actores privados. Ellos saben que los altos costos reducen la probabilidad de obtener fondos para el financiamiento.”. Similarmente las constructoras tienen incentivos para ganar la licitación ofreciendo las posiciones con menor costo, pues saben que es posible, y muy probable, la recontractación, y a no ser que el tipo de contrato sea lump-sum -suma alzada- o a precio fijo, los sobre plazos son tolerados. Inclusive si en este caso los intereses son divergentes los sobrecostos y sobre plazos serán tolerados a no ser que los gobiernos locales sean responsables por los hechos.

Claramente este ejemplo de P-A multinivel del túnel puede ser replicado a cualquier tipo de proyecto de infraestructura.

### 7.3.2 Fuentes de tergiversación estratégica

Como mencionan los autores [12], existen ciertas condiciones que hacen más probables la tergiversación entre cada relación P-A. Como principales causas de este problema se encuentran el *interés propio*, las *asimetrías de información* y las *diferencias en las preferencias sobre el riesgo y horizontes de planificación*.

En primer lugar, una condición necesaria para los conflictos de P-A son las diferencias de *interés propio* de los actores. Dada la cantidad de actores involucrados y las diferencias de interés, se generan conflictos debido a que cada uno actúa en beneficio propio, intentando sacar fruto del proyecto en cuestión.

En segundo lugar, está la *asimetría de información*. Como ya se explicó, cuando existen problemas de asimetría de información surge un problema de riesgo moral donde intervienen problemas de carácter ético. En este caso el agente puede hacer mal uso de la información que dispone y engañar al principal (al directorio, gobierno, Ministerio de Transporte, etc.).

En tercer lugar, están las *diferentes preferencias por riesgos* de los actores involucrados. El principal es averso al riesgo, es decir, lo quiere evitar, mientras que el agente no está utilizando sus recursos, por lo que no siente compromiso. Dado que ocurre esto, el agente puede aminorar los riesgos y aumentar los beneficios en la presentación de los proyectos para poder convencer al principal. Los managers (agentes), entonces, manipulan la información para obtener los recursos necesarios.

Junto con las inseparables diferencias de interés en las preferencias entre los agentes que toman decisiones, existe también un factor no menos importante y con amplia dispersión entre los interesados, que son las *diferencias en los horizontes de planificación*. Para los pagadores de impuestos los horizontes son largos, para los gobiernos y políticos pueden ser cortos, pues su tiempo en el poder es corto (típicamente 4 años mientras que el tiempo estándar de un proyecto grande puede ser cerca de 10 años) y ellos quieren aprobar los proyectos para ser “recordados” o “reelectos”. [14]

Un último factor que puede llevar a tergiversar estratégicamente los resultados es la *difusa o asimétrica contabilidad* que existe entre los múltiples actores encargados de lograr el éxito del proyecto. La falta de contabilidad por parte de algunos o la escasa transparencia puede derivar en la imposibilidad de que responsabilizar a alguien por un mal resultado. La falta de claridad en las cuentas *ex post* de los proyectos puede llevar a que se aprueben proyectos *ex ante* sin saber en realidad cuál es la disponibilidad de los recursos y que no maximicen los resultados del principal, además de poder generar incentivos adicionales al agente a tomar riesgos mayores a los que está dispuesto a tomar el principal.

#### 7.4 Diagnóstico del impacto relativo de la falsa ilusión de éxito y de la tergiversación estratégica

Ambos problemas antes descritos son complementarios más que explicaciones alternativas a los malos resultados, por lo que muchas veces es difícil separarlos y poder determinar el impacto de cada uno sobre los resultados finales del proyecto, pues hay situaciones en que uno de los modelos tiene mayor influencia explicativa que el otro.

La dependencia relativa a los problemas, es decir el aporte de cada uno en la desviación de los resultados del proyecto, está sujeta a distintos factores. La clave para minimizar la falsa ilusión es tener un buen ambiente de aprendizaje, donde los problemas pasados sean internalizados y se genere una retroalimentación dentro de los actores de la empresa. Los problemas de tergiversación, por su parte, ocurren por desalineamiento de incentivos entre el agente y principal.

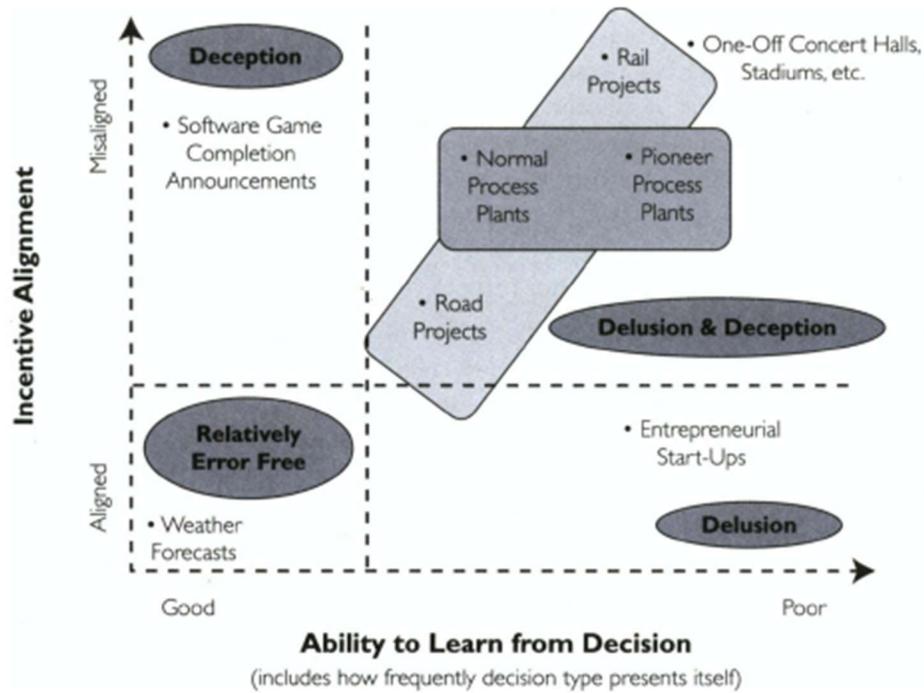
La Figura 6 describe situaciones en que se pueden esperar explicaciones por ninguno, uno o ambos problemas. Se divide en cuatro regiones, donde el eje de las ordenadas representa el nivel de alineamiento de incentivos (tergiversación estratégica); y el eje de las abscisas la habilidad de aprender de la toma de decisiones pasadas (falsa ilusión de éxito), de manera que cuando hay un buen ambiente de aprendizaje y los incentivos alineados, hay una mínima posibilidad de desilusión y engaño. En la figura se grafican distintos ejemplos de casos de acuerdo a su posibilidad de estar afectado por cada uno de los problemas. Por ejemplo, los meteorólogos no tienen ninguna razón para mentir y el feedback que reciben es frecuente. Por otro lado, pequeños emprendedores (*entrepreneurial start-ups*) tienen incentivos bien alineados, por lo que se espera que la mayoría de sus errores sean por falsa ilusión de éxito.

Las grandes desviaciones de los pronósticos ocurren cuando la ilusión y el engaño actúan juntos, lo cual puede ser representado por el ejemplo de caminos y trenes en la esfera pública. Como se mencionó anteriormente, los sobrecostos para trenes son en promedio el doble que para caminos (ver Tabla 1), lo que en el caso de los pronósticos de demanda no es muy distinto (Ver Tabla 2). Las diferencias entre ambos casos son estadística y ampliamente significativas y pueden

ser posiblemente explicados en gran parte por la estructura de incentivos y la posibilidad de aprender de proyectos pasados, que suele ser muy baja.

Típicamente los proyectos de trenes compiten por fondos públicos de acuerdo a los impactos de los proyectos, mientras que los proyectos carreteros compiten por fondos destinados especialmente para caminos que se estructuran por bloques, sin necesidad de competir con otro tipo de proyectos. Lo anterior implica que hay incentivos para los promotores de los proyectos ferroviarios a mejorar los pronósticos y sesgarlos con ratios costo/beneficio bajos.

Figura 6: Incentivos y aprendizaje en proyectos de gran inversión de capital



Fuente: Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects [12]

Bent Flyvbjerg en *How (In) accurate are Demand Forecasts in Public Work Projects? The case of Transportation* [9] estudia las posibles causas a los problemas de los sesgos sistemáticos en los pronósticos de demanda para caminos y trenes, señalando que, para el caso ferroviario, el sesgo por engaño deliberado es posiblemente la causa, pues al igual que los costos, la demanda ha sido persistentemente mal estimada a lo largo del tiempo. Esto sugiere que un equilibrio ha sido alcanzado donde hay más incentivos que desincentivos a sobreestimar el tráfico de pasajeros. En particular, señala que el engaño deliberado es causa de más de al menos un 25% de los proyectos ferroviarios, mientras que en caminos es cero. Lo que no quiere decir que en proyectos de caminos no existan problemas, pero sí apunta a que esto puede suceder debido a que los proyectos ferroviarios son menos comunes y existe menos experiencia y por ende la oportunidad de aprendizaje es mayor que en los caminos.

## 7.5 Resolviendo la falsa ilusión y la tergiversación estratégica

Ni la ilusión y el engaño son problemas insuperables. A pesar de que todos los proyectos tienen su propia idiosincrasia y de una u otra manera estos problemas están presentes en ellos, se pueden tratar y mejorar dentro de las organizaciones. A continuación, se presentan posibles soluciones para superarlos.

### 7.5.1 Superando el engaño estratégico: Contabilidad y Transparencia

Tanto los incentivos monetarios como los no monetarios pueden ser entregados a los agentes de los pagadores de impuesto y a la institución que propone el proyecto:

#### **a. Incentivos para los agentes de los contribuyentes: Instituciones proponiendo y aprobando proyectos**

Para superar el engaño hay dos buenas prácticas establecidas que han sido adoptadas con anterioridad: compartir riesgos financieros entre las partes involucradas proponiendo y aprobando los proyectos; e involucrar financiamiento de parte de capitales privados en la estructura de financiamiento.

##### *i. Responsabilidad Financiera compartida*

Una manera de alinear los objetivos con el principal y de lograr mejores revisiones a los pronósticos, es que las instituciones proponiendo y aprobando los proyectos compartan la responsabilidad financiera para cubrir los sobrecostos y subestimaciones de los beneficios. En un estudio realizado por el Departamento de Transporte de Inglaterra se señala que “[...] si una autoridad tiene parte de su riesgo en la estructura del proyecto, se alinearán los incentivos de manera de que se permita una mejor utilización de los recursos y tiempo en la entrega de los proyectos.” [16].

Dentro de las recomendaciones del estudio se propone implementar un mínimo de contribución local del 10% a los proyectos (25% en trenes) en los costos totales, junto con exigir a las autoridades locales su visión sobre el trabajo realizado en los pronósticos y la posible existencia de sesgos. [13]. Realizar esto impedirá que los promotores del proyecto pospongan los verdaderos costos a lo largo del ciclo de vida y se podrá capturar una parte de la desviación en caso de que exista tergiversación o falsa ilusión de éxito. Si bien realizar esto no evitará que ocurran los problemas expuestos, sí podrá entregar información de la manera en que se están escondiendo antecedentes (en el caso de que ocurra).

Para aportar más y de manera crítica a la forma en que se están llevando los proyectos por las autoridades locales, se les debe requerir presentar y construir un comprensivo análisis y registro de los riesgos que pueden afectar la consecución del éxito<sup>21</sup>; y, además, presentar los planes de mitigación involucrados. Desde riesgos de construcción (horizonte y costos) y riesgos operacionales (mantención y futuros ingresos) a riesgos climáticos deben ser incluidos. Y como

---

<sup>21</sup> El éxito se puede interpretar como realizar una correcta asignación de los recursos y alinear los objetivos para que los proyectos sean desarrollados en pos de todos y no de algunos

señala el PMBOOK [3], inclusive se debe señalar quiénes son los responsables de cada riesgo, pues algunos de ellos pueden ser transferibles.

ii. *Financiamiento privado*

Para obtener mejores resultados en las proyecciones y reducir el riesgo, debiera evitarse el financiamiento completo con recursos fiscales o con garantías fiscales. La decisión de realizar el proyecto debiese evaluarse considerando el interés de que capitales privados ingresen al proyecto con aportes de al menos un tercio del presupuesto del capital total [17]. (El límite de un tercio está basado en experiencia práctica).

Los contratos debieran estar diseñado de manera balanceada, de manera que el riesgo para los privados sea real y sin escapatoria, de modo que los últimos afectados no sean los *taxpayers* cuando las cosas se complican. Esto llevará a que tanto la parte pública como la privada realicen sus propios pronósticos y exista monitoreo extra sobre el estado del proyecto, pues los riesgos están repartidos entre los involucrados en el mismo.

Mucha teoría se ha desarrollado en torno a las alianzas público-privadas (PPP por sus siglas en inglés *Private Public Partnership*), donde se establecen los beneficios de las mismas en los desarrollos de proyectos. En particular, el Banco Mundial ha elaborado una guía especial en su Centro de Recursos para el Sector de Infraestructura, poniendo especial atención a las ventajas y desventajas de estas alianzas, en la que se destacan beneficios tecnológicos, económicos, de información, entre otros<sup>22 23</sup>. El grado de interconexión entre ambos dependerá del tipo de contrato que se utilice, pudiendo variar desde sólo construcción, construcción y mantención, construcción, mantención y operación, sólo operación, entre otros. En particular EFE en el transporte de carga ya cuenta con operación a través de privados, pero quizá sería interesante extender la relación con los privados un poco más allá y ahondar en el desarrollo de nuevos proyectos.

**b. Incentivos para los agentes de los que proponen proyectos: Planificadores y Licitaciones**

Para disminuir el engaño estratégico de los costos, tiempo y beneficios, se debe mejorar la transparencia y estimular la alineación de los incentivos. Para que los agentes que proponen los proyectos revelen la información correcta, dos herramientas eficaces son los premios y alto nivel de crítica. Tanto premios monetarios como no monetarios debiesen entregarse a planificadores que entreguen estimaciones correctas, y junto con esto, los pronósticos debiesen ser auditados y asesorados por externos. Otro método eficiente en relación a mejorar los niveles de crítica, puede ser presentar los resultados de los pronósticos a un panel de expertos.

Los mecanismos antes expuestos no toman en cuenta el comportamiento oportunista en la etapa de licitación. Como los autores 12 [12] señalan en su estudio, en los contratos en los que existe compensación económica a los sobrecostos (ya sea con un límite o no), los licitadores pueden

---

<sup>22</sup> <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/overview/ppp-objectives>

<sup>23</sup> <https://pppknowledgelab.org/ppp-cycle/how-ppps-can-help>

apostar a una cierta probabilidad de que esto ocurra o no, y dependiendo a esto disminuir sus pronósticos para poder ganar la licitación.

A esto los autores le llaman la “bendición del ganador” -*winners blessing* en inglés- en la que se señala que durante el proceso de licitación los que apuestan a ganar no tiene incentivos a revelar su precio real para la construcción del proyecto si luego ellos podrán ser compensados si ocurre un sobrecosto. Típicamente el ganador será quien ha subestimado más los costos. Después de que el proyecto sea iniciado, el sobrecosto será compensado sobreestimando los cambios de alcance que ocurran en el proceso, que los licitadores saben que son casi certeros. Cuando la compensación no está dentro de las condiciones, se reduce la posibilidad a que se reduzcan los precios en la licitación. Lo que se debe hacer para mejorar este tipo de situaciones, es compartir riesgo financiero con los licitadores de manera que ellos tengan incentivo a revelar cualquier información que sea fuente de asimetría entre los licitadores y los planificadores.

Una manera de superar todos estos problemas, es utilizar los contratos DBFOM (por sus siglas en inglés): Diseño-Construcción-Financiamiento-Operación-Mantenimiento. En él los privados son los encargados de lo antes mencionado, con la facultad de utilizar la infraestructura a su beneficio por un largo periodo de tiempo que les permita recuperar la inversión con intereses, para luego transferirla a la entidad pública. Esto modifica el perfil de riesgo del dueño del proyecto, donde además de evitar la construcción y asumir los riesgos que esta conlleva, se evita asumir los riesgos de la puesta en marcha, que es la etapa más difícil de la implementación y donde surgen la mayor cantidad de problemas no previstos.

La información recién expuesta se resume en la Tabla 37: Superando el engaño estratégico, página 107.

### 7.5.2 Superando la falsa ilusión: *Reference Class Forecasting*

Este método, de pronósticos en base a clases de referencia, O RFC por sus siglas en inglés, consiste en utilizar información de iniciativas pasadas de similares características para poder crear un espectro de posibilidades (probabilidades) para los resultados que se podrían obtener como metas del proyecto (ya sea en términos de calidad, costos, beneficios, plazos, etc.). Y a partir de esto poder determinar con un nivel de certidumbre cuál será el resultado del proyecto que se desea evaluar para luego aplicar un *uplift* (“subida”) según el nivel de riesgo que se desea tomar.

En particular, los autores del método *Reference Class Forecasting* lo plantean como un algoritmo que consiste básicamente en los siguientes 5 pasos [11]:

#### **a. Elegir una clase de referencia:**

Elegir una clase de referencia suficientemente amplia para que sea significativa pero ajustada al mismo tiempo para que permita ser comparable con el proyecto en mano.

Una clase de referencia se refiere a el grupo de proyectos con que se comparará el nuevo proyecto, valga la redundancia. El objetivo es que sean de similares características, por lo que, en grandes proyectos, como se explicará más adelante, se sugiere realizar el análisis por partidas, es decir, subdividir el total de la obra en distintos proyectos. Por ejemplo, al realizar una carretera,

separar por puentes, túneles, y camino y luego realizar la evaluación para cada uno de estos, pues cada uno pertenece a una clase de referencia distinta.

**b. Establecer la distribución de posibilidades de resultados para la clase de referencia escogida:**

Esto requiere acceso a información empírica creíble de un número suficiente de proyectos para poder concluir significativamente. Se debe poder establecer un promedio y medidas de variabilidad como la mediana y la desviación.

En el caso particular de EFE, se presentan dificultades para crear una distribución de probabilidades con proyectos locales. Como se mencionó con anterioridad, en Chile no se han desarrollado proyectos en mucho tiempo, por lo que no se cuenta con la información necesaria. Por esta razón, para el desarrollo del presente trabajo se utilizarán datos internacionales de países desarrollados, principalmente de Europa y EEUU, por lo que se considera que los resultados de sobrecostos en los pronósticos con que se crea la distribución de probabilidad aplicada al caso del proyecto puente es conservadora -en el sentido de que se supondrá que los países desarrollados tienen más y mejor experiencia desarrollando este tipo de proyectos.

De acuerdo a la ley de los grandes números, con cerca de 30 proyectos se puede formar una base de datos suficientemente representativa para poder tener resultados estadísticamente significativos. Sin embargo, dada la escasez de proyectos y la baja frecuencia con que éstos se realizan, es muy difícil tener estos resultados. En ese sentido, en el caso práctico de Chile, se sugiere adoptar los datos utilizados internacionalmente, y además tener como referencia casos específicos de estudio que permitan estudiar y observar el comportamiento de las variables de interés, como los costos, la demanda, los plazos, los riesgos materializados, etc.

**c. Realizar una predicción intuitiva de la posición en la distribución del proyecto en evaluación:**

Se debe establecer de acuerdo a los conocimientos propios en qué segmento de la distribución podrá caer el proyecto. Esta “intuición” estará probablemente sesgada, por lo que los siguientes pasos son para corregir el sesgo.

**d. Establecer la confianza de la predicción:**

Dadas las características de los proyectos y el ciclo de vida por el que estos atraviesan (Ver Anexo 1: Formulación y preparación de proyectos ferroviarios), la medida de confiabilidad de las predicciones cambia a lo largo de las etapas en que se encuentran, por lo que se hace necesario ajustar la confiabilidad de las predicciones según la etapa.

**e. Corregir la estimación intuitiva:**

En este último paso se corrige el pronóstico realizado de acuerdo a la información obtenida de los proyectos de la clase de referencia elegida, situando al proyecto dentro de la distribución de probabilidad y aplicando un sobrecosto de acuerdo a la información con que se cuente, y la aversión al riesgo de quién estima.

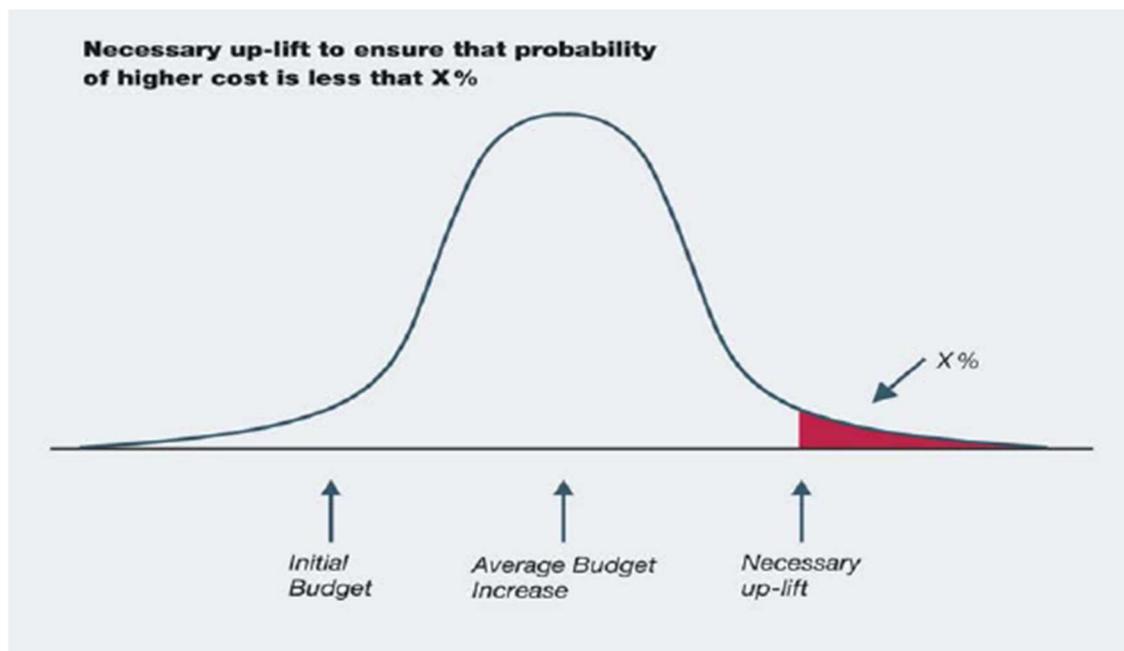
## 7.6 Uso de la metodología

Para efectos de la presente memoria, la metodología antes descrita se basará en los trabajos realizados por Mott MacDonald para HM Treasury, *Review of Large Public Procurement in the UK*; Bent Flyvbjerg en conjunto con COWI<sup>24</sup> para el Departamento de Transporte Británico, *Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning: Guidance Document*; en un caso de aplicación desarrollado por Bent Flyvbjerg, *Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning: Reference Class Forecasting in Practice*; y *Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects: Two Models for Explaining and Preventing Executive Disaster*, Bent Flyvbjerg *et al.*

Este método de estimación será replicado en el proyecto Puente Biobío y es la primera referencia de uso que se tiene en Chile.

Es importante tener en cuenta algunas definiciones. En primer lugar, cuando se hable sobre desvíos sobre el presupuesto, siempre se tendrá en consideración las desviaciones en relación a las estimaciones al momento de haber tomado la decisión de construir, del costo al momento de terminar la obra. La Figura 7, a continuación, ilustra el comportamiento histórico de los proyectos en el promedio y el “salto” -de ahora en adelante *uplift*- necesario para un nuevo proyecto en sus costos para asegurar a un determinado nivel de confianza del sobre costo esperado -  $x\%$  en el ejemplo.

Figura 7: Definición de saltos por Sesgo de Optimista dentro de una clase de referencia dada



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

<sup>24</sup> <http://www.cowi.com/>

Cómo se mencionó anteriormente, la gestión de riesgos es una herramienta complementaria a la evaluación de proyectos y que permite disminuir los sesgos. En los proyectos donde el análisis de riesgos ha sido aplicado o existen avances en sus etapas hay argumentos para poder aplicar un menor *uplift* y situar los pronósticos en el promedio de la distribución.

Asumiendo un proyecto promedio, se debería esperar entonces que su presupuesto final - en promedio- excederá a la inicial en el aumento promedio de los presupuestos; además, esto implica que existe un 50% de posibilidades de que el aumento sea menos del aumento promedio y viceversa. Si el nivel de confianza que se necesita para el proyecto es mayor que el 50%, entonces se deberá aplicar un *uplift* mayor al promedio.

De acuerdo con lo mencionado, el nivel de sesgo necesario a aplicar dependerá las medidas tomadas en la revisión del presupuesto

### 7.6.1 Clasificación de tipos de proyecto de transporte y elección de la Clase de Referencia

Bent Flyvbjerg en conjunto con COWI (consultora especializada en grandes proyectos de ingeniería y planificación) desarrollaron un trabajo para el Departamento de Transporte Británico con el objetivo de establecer una metodología que permitiera eliminar los sesgos en la evaluación de los proyectos de transporte. En él establecieron un marco referencial para poder delimitar los proyectos de manera de que hubiera una cantidad suficiente de datos en cada clase para poder usar resultados estadísticamente significativos para eliminar los sesgos y para que los proyectos puedan ser tratados estadísticamente en forma similar.

#### Tipos de proyectos de transporte por estrategia y clasificación

En su trabajo ellos elaboraron la siguiente clasificación para los proyectos de transporte:

Tabla 8: Categorías de Proyecto por estructura

<b>Categoría</b>	<b>Tipos de proyectos</b>	<b>Fuente de <i>uplift</i> por sesgo optimismo</b>
Caminos	Autopistas	Clase de Referencia de proyectos británicos incluyendo aquellos proyectos estudiados por Bent Flyvbjerg. 128 de 172 proyectos son británicos
	Carreteras principales	
	Caminos Locales	
	Ciclo vías	
	Aceras	
	Líneas de bus	
	Otros	
Trenes	Metro	Clase de Referencia de proyectos británicos incluyendo aquellos proyectos estudiados por Bent Flyvbjerg. 46 proyectos internacionales de los cuales 3 son británicos.
	Light Rail	
	Buses guiados	
	Tren convencional	
	Tren de alta velocidad	
Links	Puentes y Túneles	Clase de Referencia de proyectos británicos incluyendo aquellos proyectos estudiados por Bent Flyvbjerg. 34 proyectos internacionales, de cuales 4 son británicos.
Edificaciones	Estaciones	Mott MacDonald - Proyectos de infraestructura no estándar
	Terminales	
TI	Sistemas de Desarrollo TI	Mott MacDonald - Equipamiento y desarrollo TI

Fuente: Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning [13]

Esta clasificación está basada en la cantidad de proyectos disponibles que permitan tener resultados estadísticamente significativos para poder generar *uplifts* válidos en cada clase de referencia.

Los proyectos seleccionados se ubican entre los años 1927 y 1998. Se utilizaron 58 proyectos ferroviarios, 33 *links* -uniones, puentes y túneles- y 167 proyectos de caminos. En total de estos se debieron quitar algunos pues no cumplían con los requisitos. Además, la procedencia de los proyectos es: Europa: 181; Estados Unidos: 61; y otros, 16. En total fueron 20 países, incluyendo países desarrollados y en vías de desarrollo.

El tamaño del portafolio de proyectos es de aproximadamente US\$ 90 billones, precios corregidos por inflación. El tamaño de los proyectos varía desde US\$ 1,5 millones a US\$ 8,5 billones, donde típicamente los proyectos de menor tamaño son extensiones de caminos y los más caros son túneles y/o puentes ferroviarios. 32 proyectos mayores a US\$ 500 millones, 35 entre US\$ 100 y 500 millones; y 191 proyectos de menos de US\$ 100 millones.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Lamentablemente no se cuenta con mayor información sobre los proyectos en la base de datos.

En proyectos residuales de ingeniería -todos aquellos que no se encuentran dentro de esta clasificación- ellos proponen utilizar las categorías elaboradas por Mott MacDonald [6], considerando los *uplifts* establecidos por ellos.

Cada uno de los grupos de las categorías de proyectos presenta diferencias significativas entre ellos por lo que deben ser considerados distintos unos de otros al momento de aplicar los *uplift*. Por otro lado, los proyectos dentro de cada categoría no presentan mayores diferencias entre ellos, lo que permite agruparlos y establecer bases de datos más precisas para cada clase de referencia (categoría). [7]

En grandes proyectos, donde se juntan distintas clases de referencia, como puentes, túneles, caminos, entre otros, se sugiere evaluarlos de manera separada, utilizando *uplifts* de manera individual sobre cada partida. Por ejemplo, el caso de una ruta que contenga un puente, túnel y además camino, se recomienda evaluar el proyecto por cada componente agregando el *uplift* correspondiente de acuerdo a la incertidumbre que se tiene sobre cada componente en particular y el riesgo que se está dispuesto a asumir en cada una (la constructora puede tener más experiencia construyendo un túnel que un puente, o viceversa, por lo que los costos estimados de uno pueden ser más cercanos a la realidad que los del otro).

## 7.6.2 Benchmarking Optimism Bias

A continuación, se establecen distribuciones de probabilidad<sup>26</sup> -o distribución de frecuencias<sup>27</sup>- para las clases de referencia definidas en la sección precedente. Estas serán usadas en la sección a continuación para establecer los *uplifts* correspondientes a cada proyecto. Los resultados presentados en este apartado corresponden a distribuciones calculadas por Bent Flyvbjerg y COWI a partir de los datos colectados por Bent Flyvbjerg *et al* en sus trabajos anteriores.

Los datos usados para la construcción de las bases de datos se pueden argumentar que están sesgados y entregan una visión poco realista de lo que puede suceder. A continuación, se presentan dos argumentos de por qué, si estuvieran sesgados los datos, sería de manera conservadora.

De acuerdo a la definición de sobrecosto utilizada por los autores -y la más aprobada a nivel internacional- es la diferencia porcentual entre los costos actuales (reales) considerados al momento de finalizar la obra, y los costos estimados, que son los presupuestados a momento de tomar la decisión de construir el proyecto y corresponden usualmente a aquellos calculados en los informes de Factibilidad del proyecto. Si esta última información no se encuentra disponible para un determinado proyecto, se utiliza la estimación más cercana a la toma de decisión, lo que resulta en un sesgo conservador en la medición de sobrecosto -pues el proyecto presenta mayor avance y por lo tanto mayor exactitud en los pronósticos, o al menos debiera ser el caso.

Otra posible fuente de sesgo de los datos recolectados es que sólo se utilizaron los proyectos para los que los datos estaban disponibles cerca del 85% de los proyectos, el resto debió ser descartado por escasos de datos o falta de los datos necesarios), por lo que se puede argumentar

---

<sup>26</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_de\\_probabilidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_probabilidad)

<sup>27</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_de\\_frecuencias](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_frecuencias)

que existe otro sesgo conservador, pues los proyectos en que realmente hubo problemas tienden a esconder los verdaderos resultados [18]. Este y otros argumentos se presentan en Flybjerg y COWI quienes concluyen que los *uplifts* propuestos están por el “lado bajo” de lo que realmente pueden representar los resultados en los proyectos.

La Tabla 8, exhibida en las páginas anteriores, resume las fuentes de los datos utilizados para las distribuciones.

Grandes dificultades se presentaron para reunir datos que cumplieran con las características requeridas -pronósticos al momento de tomar la decisión de construir, costos al final de los proyectos, demandas, benéficos, auditorias, etc.- para la elaboración de las bases de datos que permitieran tener una fuente estadísticamente significativa. Se puede argumentar que no todos los datos tienen validez dentro de gran Bretaña, sin embargo, lo que se busca es completar una fuente de datos suficientemente grande para que los resultados sean significativos estadísticamente, y en estadísticas, lo que se busca es tener una muestra de proyectos que sea capaz de representar a la población por lo que la heterogeneidad es algo bueno. Por lo demás, las realidades de los países seleccionados no son muy distintas unos de otros.

#### Resultados del análisis para cada clase de referencia

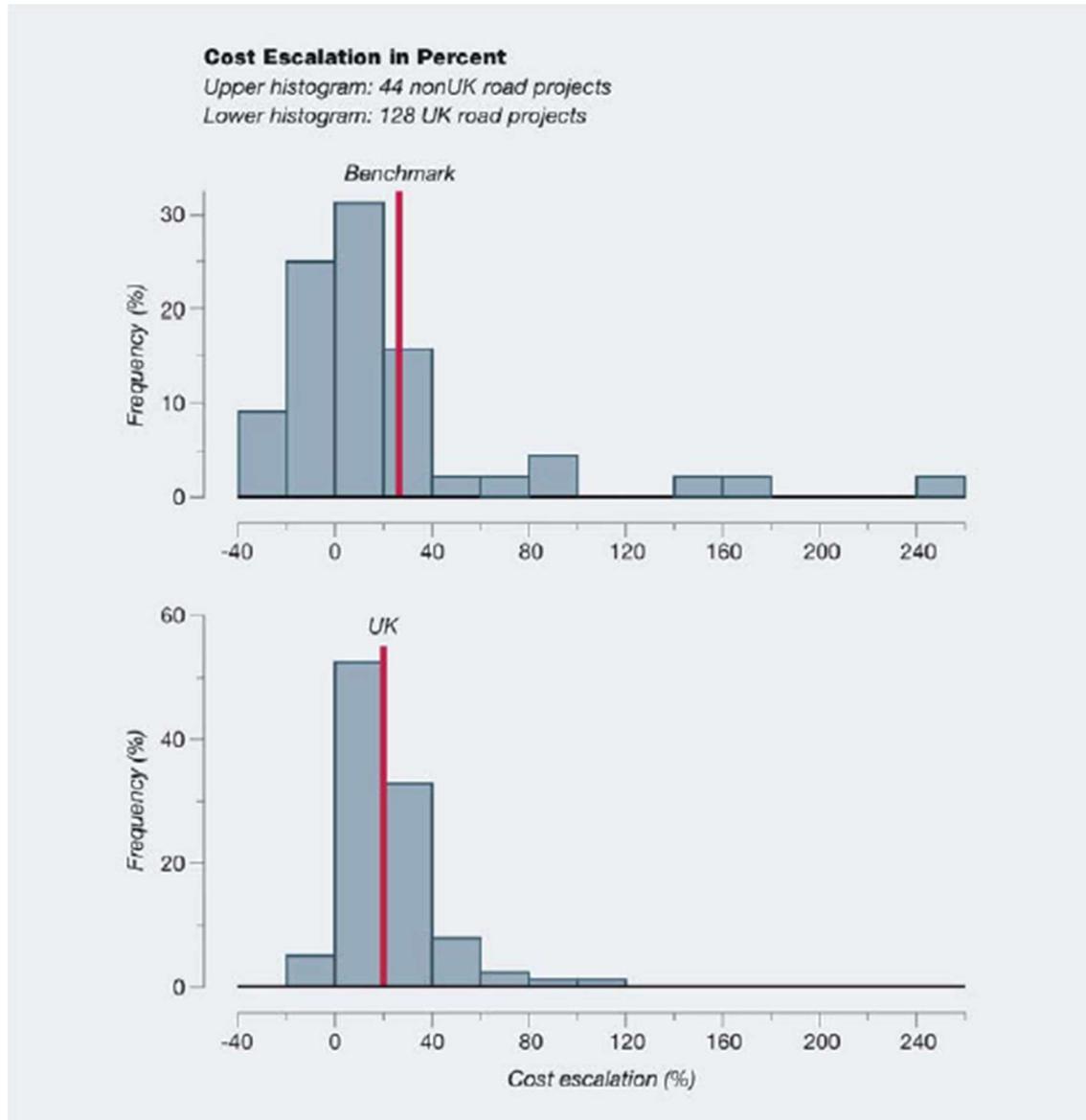
Los gráficos presentados a continuación fueron extraídos del estudio para *HM Treasury*, por lo que presentan dos tipos de resultados. El primero contiene los datos para UK y el segundo el pool completo de proyectos dentro de la clase de referencia, de manera de tener una base de datos más completa y estadísticamente más significativa. La línea del *Benchmark* representa el pool de proyectos.

En cada clase de referencia se establecen rangos porcentuales de 20% dentro de los que se sitúa cada proyecto de acuerdo a su nivel de sobre costo e independiente de las otras variables (como por ejemplo el tamaño). Con esto se calcula la frecuencia de ocurrencia de cada rango de sobre costo, para posteriormente aplicar el *uplift* al proyecto en evaluación dependiendo del riesgo que se quiera tomar y de los sesgos encontrados en el análisis.

##### a. Caminos

En la figura a continuación se muestran los resultados para los proyectos de caminos. Los resultados de *Benchmark* y UK no muestran diferencias significativas entre ambos tipos de proyectos, por lo que el pool es válido para el análisis estadístico.

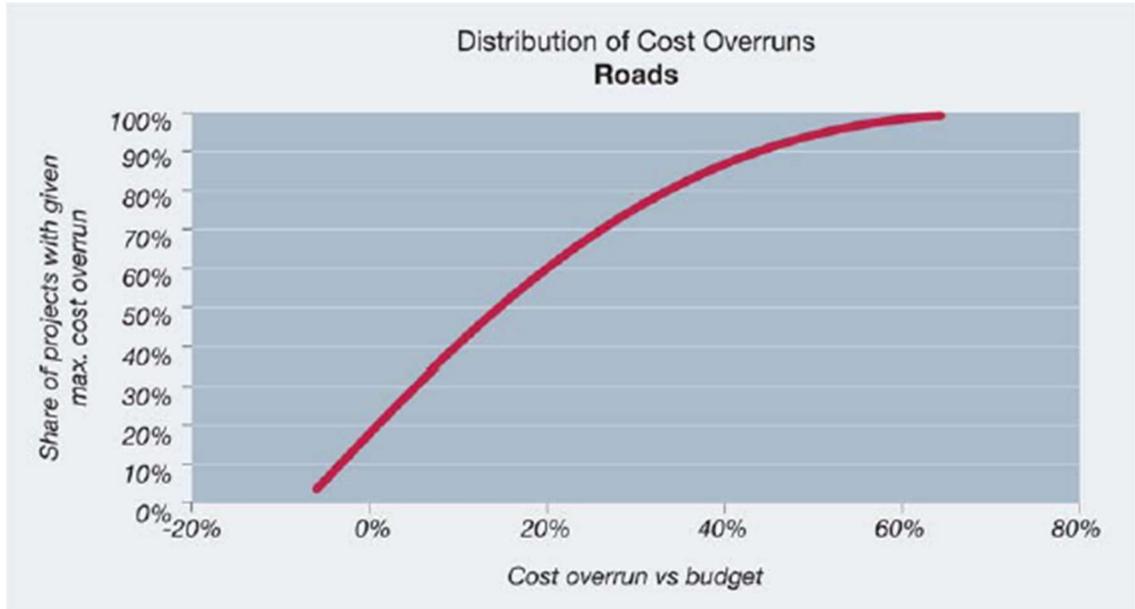
Figura 8: Sobrecostos en caminos



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

La Figura 8 muestra la distribución de probabilidad para los sobrecostos en proyectos de caminos como porción de los proyectos con un determinado sobrecosto máximo. Por ejemplo, 40% de los proyectos tienen un máximo sobrecosto de 10%; o equivalentemente, un 80% de los proyectos un sobrecosto máximo de 32%, etc.

Figura 9: Distribución de Probabilidad de sobrecostos en caminos

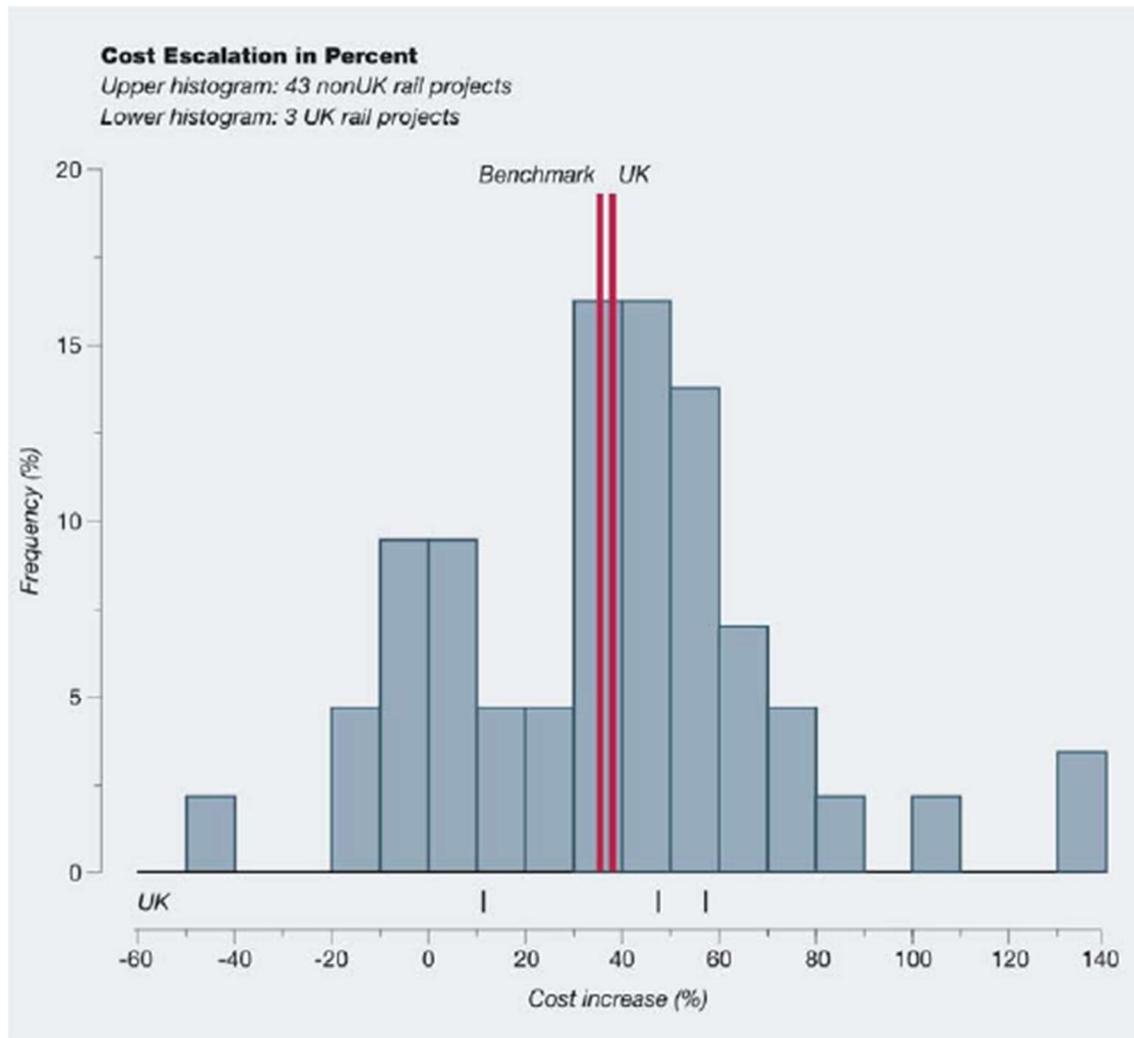


Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

b. Proyectos Ferroviarios

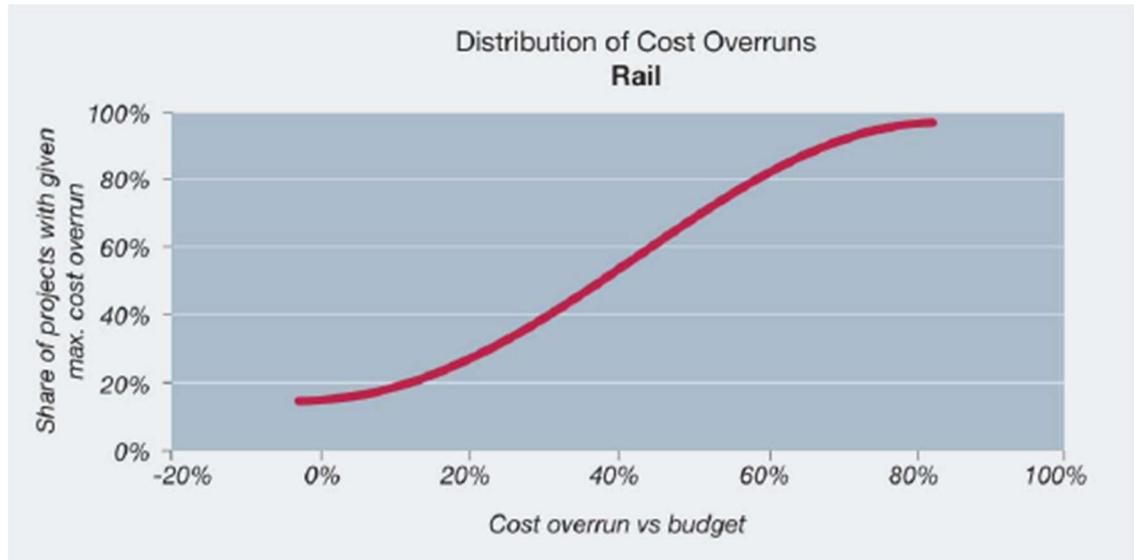
En este caso, los resultados obtenidos para el análisis de los proyectos ferroviarios dentro de UK no son relevantes pues son muy pocos datos. En ese sentido, se valida agrupar los datos dentro del *Benchmark* para que la base de datos tenga mayor representatividad estadística, y el pool de proyectos es válido.

Figura 10: Sobrecosto en proyectos Ferroviarios



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

Figura 11: Distribución de Probabilidad de sobrecostos en proyectos Ferroviarios



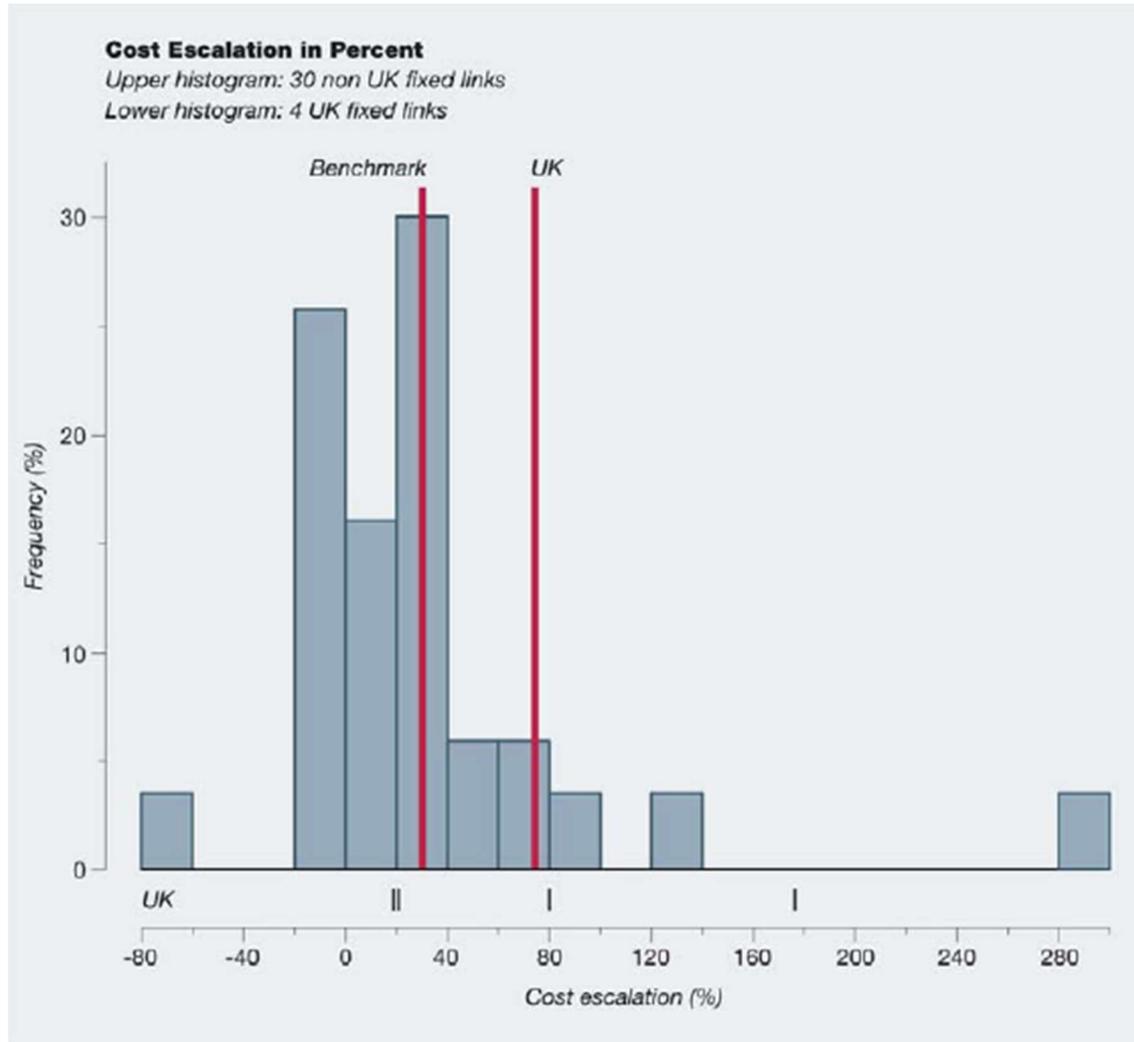
Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

Equivalentemente a la figura de caminos, en este caso para los proyectos ferroviarios de puede hacer el mismo análisis. A modo de ejemplo, un 40% de los proyectos tiene un sobrecosto máximo de 33%; un 80% tiene un sobrecosto de 57%; etc.

c. Túneles y Puentes

La figura a continuación muestra los resultados obtenidos para los proyectos de conexiones como puentes y túneles.

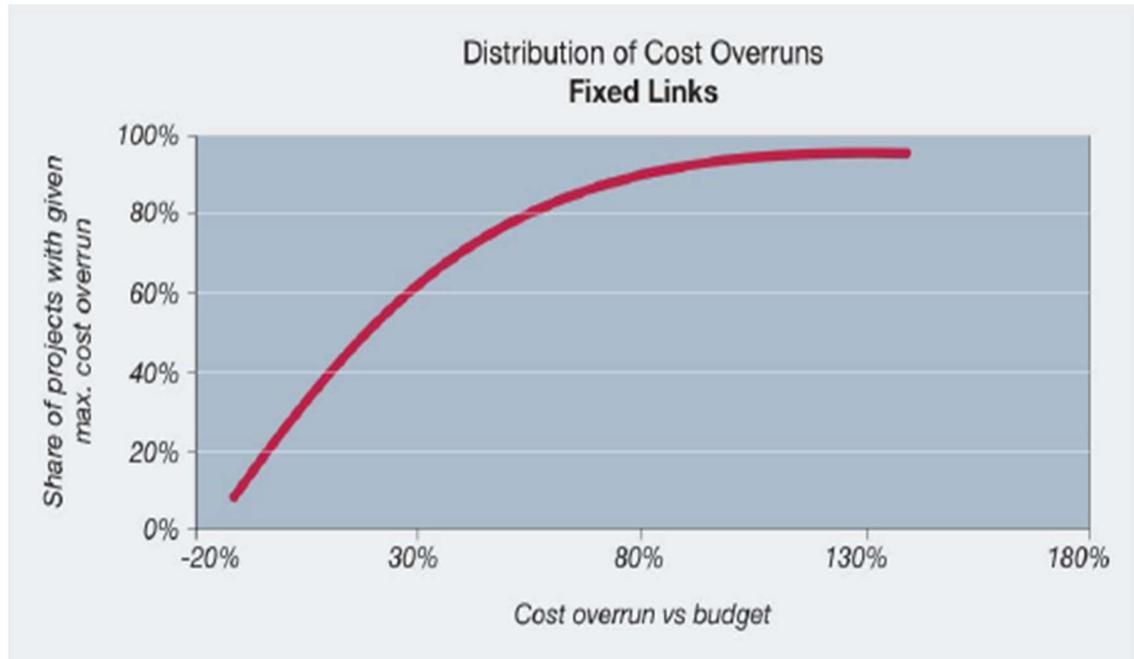
Figura 12: Sobrecosto en Túneles y Puentes



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

En Figura 12 se puede apreciar la distribución de los sobrecostos en túneles y puentes como proporción de un determinado de proyectos y su máximo sobrecosto. Al igual que en las figuras antes descrita, a modo de ejemplo, un 40% de ellos tiene un sobrecosto máximo de 33%; un 80% tiene un sobrecosto máximo de 57%; etc.

Figura 13: Distribución de Probabilidad de sobrecostos en Túneles y Puentes



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

d. Proyectos de Construcción de edificaciones y TI

La Tabla a continuación muestra los resultados para el sesgo optimista obtenido por el estudio de Mott MacDonald [6] en las estimaciones para sobrecostos en CAPEX para (1) Edificios no estándares y (2) Proyectos TI. Para ellos el lado alto del intervalo representa el “límite superior” del *uplift* para eliminar el sesgo, que es el equivalente a usar un *uplift* en proyectos con alcance mal definido y sin manejo de riesgos. El lado inferior o “límite inferior” representa el *uplift* cuando los proyectos presentan un adecuado manejo de riesgos.

Tabla 9: Sobre Costo para edificaciones y proyectos TI de acuerdo a Mott MacDonald

Tipo de proyecto		<i>Uplift</i>
<b>Proyectos de construcción</b>	Estaciones	4-51%*
	Terminales	
<b>Proyectos TI</b>	Desarrollo/equipamiento de sistemas para transporte	10-200%*

Fuente: Mott MacDonald, *Review of Large Public Procurement* [6]

Para mayor información acerca de estos resultados se sugiere leer la sección correspondiente en los documentos [6] [13], y revisar Anexo 2: Estudio de Mott Mac Donald.

### Sesgo como resultado del nivel de riesgo para el sobrecosto

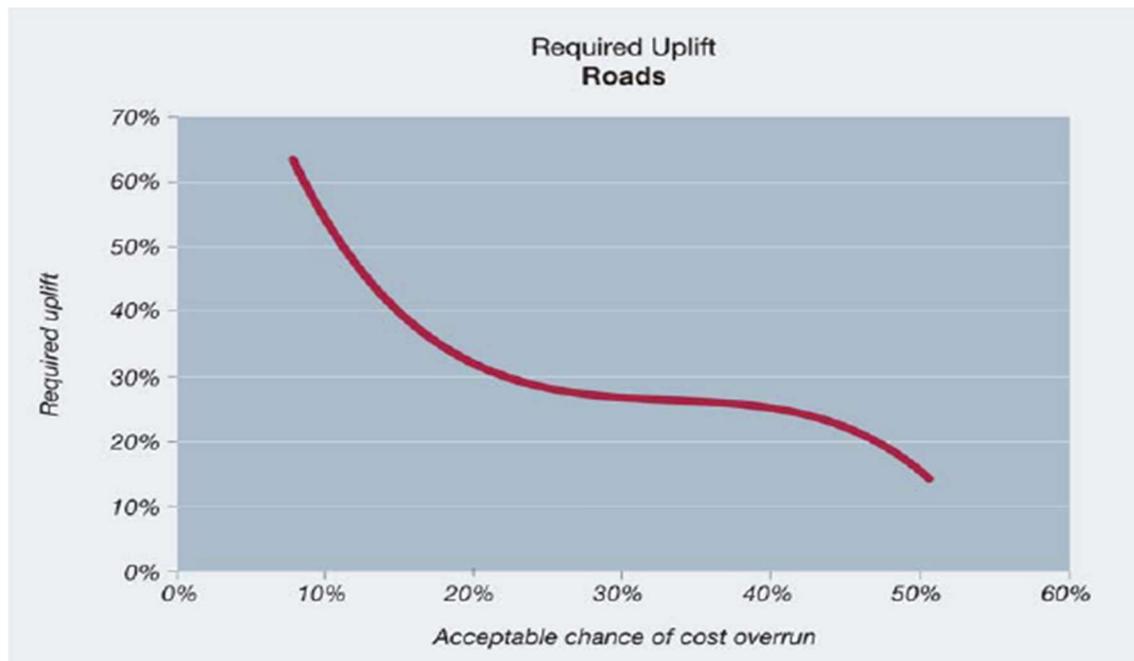
En esta sección se establecen los *uplift* necesarios para adoptar de acuerdo a lo resultados y distribuciones de probabilidad mostradas anteriormente.

Es necesario señalar que los *uplift* incorporados en el análisis deben ser aplicados sobre los presupuestos existentes para las contingencias<sup>28</sup> no previstas en los proyectos

#### a. Caminos

En la Figura a continuación se representa la curva que representa el *uplift* requerido como función del máximo riesgo dispuesto a aceptar -aversión al riesgo de quien toma la decisión o de la institución- para sobrecostos en caminos basado en las distribuciones de probabilidad. Mientras menor sea el riesgo dispuesto a tomar, mayor deberá ser el *uplift* para poder cubrir la incertidumbre. En la Figura 14, si la disposición es a aceptar un sobrecosto con un 50% de probabilidades, el *uplift* que se debe aplicar es de un 15%; por el contrario, si se estuviera dispuesto a aceptar un 15% de probabilidades de sobrecosto, el *uplift* debiera ser de un 45%.

Figura 14: *Uplift* requerido como función del máximo riesgo dispuesto a aceptar para sobrecostos en caminos



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

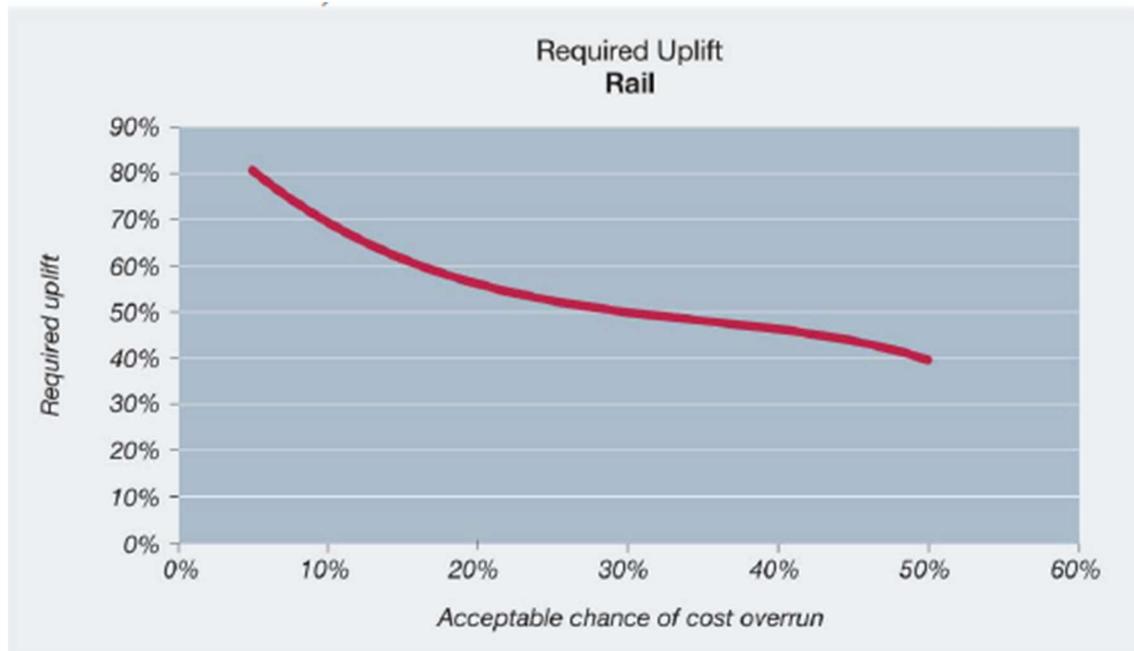
Como es lógico, la curva del *uplift* en función del riesgo que se quiere aceptar es una curva descendente, pues mientras más riesgo, menor será el *uplift* y por lo tanto mayores las posibilidades

<sup>28</sup> La totalidad de los proyectos, o al menos debería ser así, se planifican con montos para imprevistos en caso de que ocurran cambios de alcance, que es muy frecuente.

de sobre costo. EL mínimo *uplift* requerido para tener 50% de probabilidades de sobre costos es un 15%, que no es un monto muy alto a aplicar.

b. Proyectos Ferroviarios

Figura 15: *Uplift* requerido como función del máximo riesgo dispuesto a aceptar para sobre costos en proyectos ferroviarios

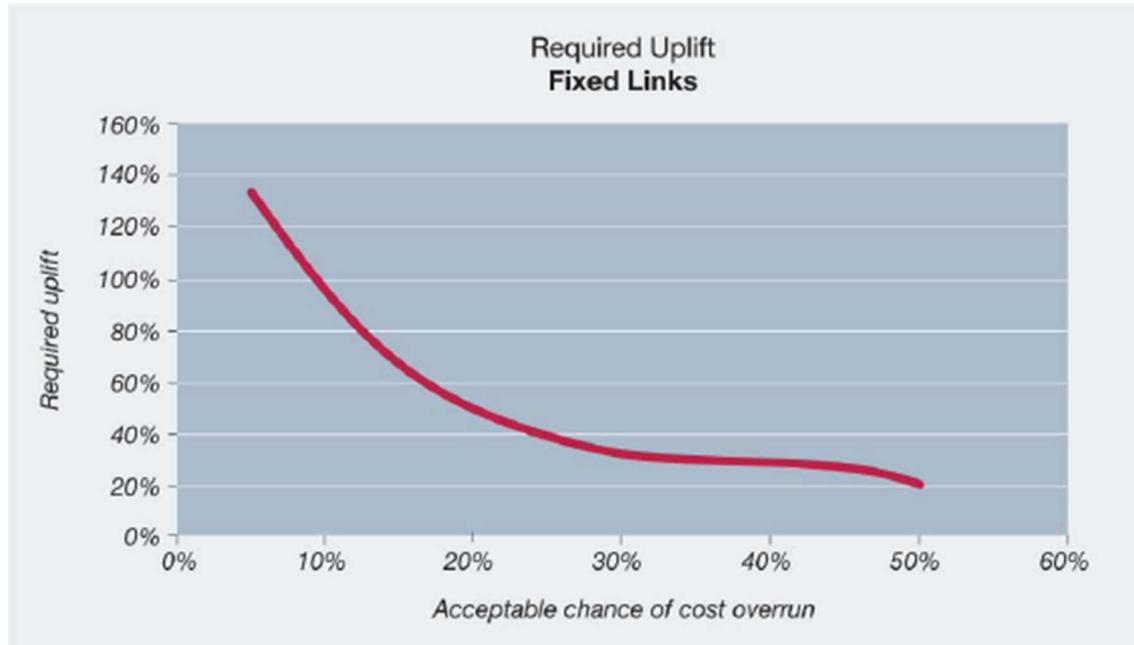


Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

En este caso, la curva que se observa es menos pronunciada que la anterior, lo que se condice con lo mencionado en los apartados anteriores sobre los sobre costos en proyectos ferroviarios vs. los sobre costos en proyectos de caminos. Esto refleja el hecho que los proyectos ferroviarios están sistemáticamente más sobrevalorados que los caminos. En este caso el mínimo *uplift* requerido para tener un 50% de posibilidades de sobre costos es un 40%.

c. Túneles y puentes

Figura 16: *Uplift* requerido como función del máximo riesgo dispuesto a aceptar para sobrecostos en túneles y puentes



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

En el caso de los links, puentes y túneles, la curva descendente y más pronunciada que los ferrocarriles. El mínimo *uplift* es de un 20% con una probabilidad del 50% de sobrecosto.

d. Edificación y TI

Tabla 9: Sobre Costo para edificaciones y proyectos TI de acuerdo a Mott MacDonald

Tipo de proyecto	<i>Uplift</i>
<b>Proyectos de construcción</b> Estaciones Terminales	4-51%*
<b>Proyectos TI</b> Desarrollo/equipamiento de sistemas para transporte	10-200%*

Fuente: Mott MacDonald, *Review of Large Public Procurement* [6]

### 7.6.3 Inclusión del sesgo

Tabla 10: Percentiles para los *uplifts* aplicables a los costos de capital

Categoría	Tipo de proyectos	<i>Optimism Bias Uplift</i> aplicable				
		Percentil 50%	Percentil 60%	Percentil 70%	Percentil 80%	Percentil 90%
<b>Caminos</b>	Autopista					
	Caminos locales					
	Carreteras					
	Ciclo vías					
	Veredas	15%	24%	27%	32%	45%
	Estacionamientos					
	Buses guiados por rueda					
<b>Tren</b>	Metro					
	Tren					
	Buses guiados por riel	40%	45%	51%	57%	68%
	Tren convencional					
	Tren de alta velocidad					
<b>Túneles y puentes</b>	Túneles	23%	26%	34%	55%	83%
	Puentes					
<b>Proyectos de construcción</b>	Estaciones			4-51%*		
	Terminales					
<b>Proyectos TI</b>				10-200%*		
<b>Proyectos de ingeniería estándar</b>	Incluido para referencia			3-44%*		
<b>Proyectos de ingeniería no estándar</b>	Incluido para referencia			6-66%*		

*\*Basado en el estudio de Mott MacDonald*

Fuente: Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Projects [13]

Supongamos que se desea construir una carretera y el grupo de planificadores decidiera que el riesgo de sobrecosto no debe superar el 20%. Esto significa que a los costos estimados se le debe

aplicar un *uplift* de un 32%. En ese sentido, si la estimación inicial fuera de \$100 y se aplicara el *uplift* necesario que elimine el sesgo al 80%, el costo final estimado sería \$132.

Si los inversionistas desean asumir un riesgo más alto, debieran aplicar un menor *uplift*, aquel del percentil 50, por ejemplo.

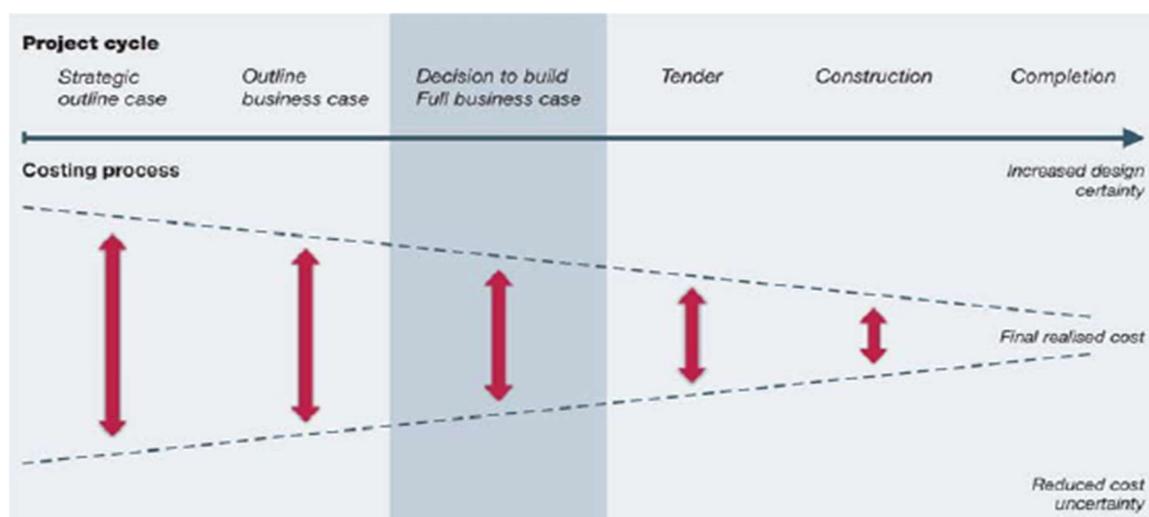
De esta manera, los percentiles más bajos son para aquellos inversionistas que desean tomar un riesgo mayor en el presupuesto. En el caso de que exista un portafolio de proyectos en los cuales se va a invertir, se podría asumir más riesgos sobre determinados proyectos y menos en otros, diversificando las probabilidades de sobrecostos. Por ejemplo, en el caso de que una misma empresa desee construir una carretera y un puente, podría diversificar los sobrecostos entre ambos proyectos. Suponiendo que no cuenta con un contratista adecuado para construir el puente por falta de experiencia, puede asignar mayores probabilidades de sobre costos y por lo tanto un mayor *uplift*, mientras que para el caso de la carretera mantener las probabilidades bajas debido a que es un trabajo mucho más simple.

#### Ajustando los resultados para proyectos combinados y diferentes estados del proyecto

Como se mencionó anteriormente, los proyectos combinados deben ser evaluados de acuerdo a sus componentes y el grado de riesgo que cada una de éstos presentes, pues por lo general los riesgos entre ellos son distintos y los controles sobre cada partida también lo son. Después de que cada partida es analizada, se deben agregar los resultados para obtener el global del proyecto.

Similarmente, cuando un proyecto aún no ha llegado a la etapa de aprobación, pero está en la etapa de análisis estratégico o análisis del proyecto en sí (ingenieril, medioambiental, social, etc), los *uplifts* debiesen ser ajustados conforme se avanza, pues la certidumbre y definición mejoran. Típicamente los pronósticos se van ajustando a medida que se pasa por las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto, desde la concepción hasta las etapas de factibilidad y aprobaciones en la construcción

Figura 17: Presupuesto a lo largo del ciclo de vida de un proyecto



Fuente: Flyvbjerg and Cowi 2004 [13]

Una manera para hacer este ajuste propuesta por Bent Flyvbjerg y COWI en su trabajo, es una simple regla lineal que se ajusta a medida que se avanza en las etapas de ciclo de vida de los proyectos, reduciendo el *uplift* en el mismo porcentaje que el porcentaje de ejecución del proyecto, como se muestra en la Tabla 11 a continuación:

Tabla 11: Ajuste lineal de los *uplifts*

Porcentaje del presupuesto ejecutado	Uplift como porcentaje del uplift inicial
0%	100%
10%	90%
20%	80%
30%	70%
40%	60%
50%	50%
60%	40%
70%	30%
80%	20%
90%	10%
100%	0%

Fuente: Procedures for dealing with Optimism Bias in transport projects [13]

A continuación, se detalla un ejemplo de aplicación:

Ejemplo:

Suponiendo un proyecto con un presupuesto inicial de \$100 y un *uplift* de 80% con un grado de avance de 30% se tiene el siguiente resultado:

Presupuesto Inicial: \$ 100

*Uplift* inicial: 80% = 0,8

Presupuesto RF inicial: \$ 180

Presupuesto ejecutado: 30% = 0,3

Presupuesto restante RF: \$ 180 \* 70% = 126

Ajuste lineal: 70%

*Uplift* ajustado: 80% \* 70% = 0.56

Presupuesto RF ajustado:  $126 * \frac{1.56}{1.8} = \$109.2$

Que es equivalente a:

Presupuesto RF ajustado:  $\$100 * (1 - 30%) * (1 + 0,56) = \$109.2$

Esta regla lineal de interpolación evade el hecho de reintroducir sesgos por el hecho de pensar en cómo debiesen ser ajustados los *uplifts* a medida que se avanza y en los puntos más importantes del proyecto. Si el presupuesto cambia en las etapas previas al comienzo de ejecución de las obras, como suele ocurrir, se debe calcular el *uplift* nuevamente.

Es necesario comentar que la disminución del *uplift* se puede aplicar bajo otros criterios que no necesariamente sean medidas del presupuesto ejecutado, como pueden ser los avances en el monitoreo y control de riesgos con otras metodologías, como la propuesta por el *PMBOOK*.

La fortaleza de este método es que los resultados antes propuestos están determinados por distribuciones de probabilidad basadas en proyectos anteriores con resultados explícitos y empíricos y no de acuerdo a miradas internas de aquellos que pronostican.

Se puede argumentar que los *uplifts* deberían ser disminuidos a medida que se avanza en el proyecto y se toman medidas de manejo de riesgo y de *management*. Sin embargo, esto debiera ocurrir sólo si se toman medidas concretas y probadas que tendrán ese efecto, pues como se ha mostrado en otros estudios, es un hecho que a lo largo de la historia no se ha mejorado en la evaluación de proyectos ni en los pronósticos [7]. Introducir nuevos métodos de trabajo y cambios culturales positivos es siempre recomendado y compatible con esta metodología, sin embargo, esto cambios tienden a ocurrir en el largo plazo, pues la resistencia al cambio de las instituciones prevalece en el tiempo, y como se mostró anteriormente, por lo últimos 70 años parece no haber progreso en los pronósticos en proyectos de transporte.

Se debe ser cuidadoso con la introducción de estas medidas de mitigación sobre los *uplifts* establecidos, pues se corre el riesgo de reintroducir sesgos en la evaluación si se usa el juicio o subjetividad por parte de quien evalúa. Lo mismo puede ocurrir en sentido contrario, pues si las medidas que se tomen para disminuir los riesgos son muy fuertes se deben disminuir los *uplifts* para evitar contar algunos riesgos dos veces. Esto puede ocurrir en aquellos escenarios donde ya se utilizan medidas para identificar y controlar los riesgos. Estos casos, sin embargo, debiesen demostrar empíricamente que se han tomado las medidas necesarias para apoyar el control sobre los riesgos.

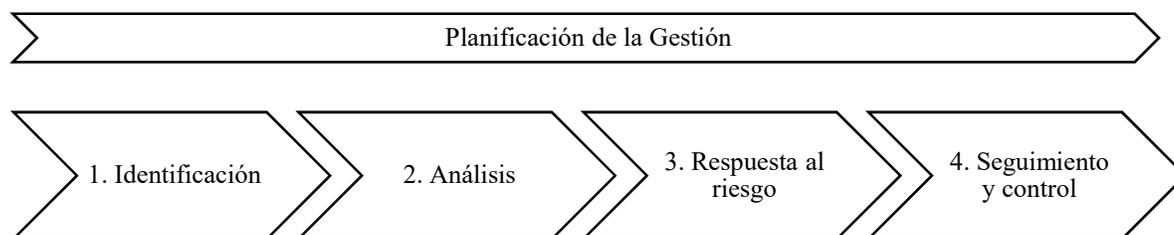
## 8 RESULTADOS

A continuación, se realiza un análisis del proceso analizado en el área de riesgos y de los resultados obtenidos con el uso de la metodología descrita en la sección anterior. En particular se entrega una visión crítica del procedimiento actual para luego analizar la información en base al método RFC, con lo que se intenta eliminar los sesgos internos de la empresa al momento de evaluar los proyectos. Es importante recalcar que la metodología utilizada en EFE es considerada para efectos de esta memoria como una herramienta útil para reducir los sesgos en los proyectos y complementaria al método propuesto en este trabajo

### 8.1 Diagnóstico de la metodología actual de Gestión de Riesgos

Como se mencionó en la sección 4, EFE cuenta con una metodología de gestión de riesgos para operaciones, la cual es replicada en la planificación de proyectos. Esta se encuentra basada en la metodología del *PMBOOK Guide* y las buenas prácticas que este establece. Consiste en planificar la gestión de riesgos mediante la identificación, análisis, elaboración de respuestas y seguimiento y control de los riesgos, como se muestra en la figura a continuación.

Figura 18: Gestión de Riesgos



La principal idea detrás de esta metodología consiste en identificar los riesgos más relevantes dentro de cada proyecto para poder elaborar respuestas de acuerdo a la gravedad de cada uno. Para determinar esta gravedad, se calcula el valor esperado de acuerdo a un impacto estimado y la probabilidad que éste ocurra. No se ahondará en cada una de las etapas, pues ello está fuera del alcance de esta memoria. Sin embargo, a continuación, se realizará una crítica al modelo actual con el objetivo de poder mejorar el proceso y los resultados de la planificación de riesgos en cada uno de los pasos.

Un elemento muy importante dentro de la planificación es definir la metodología que se utilizará para poder valorar los riesgos y catalogarlos de acuerdo a la urgencia de cada uno. Existen diferentes métodos, siendo el más adoptado en la industria de la construcción el enfoque cualitativo<sup>29</sup>. Este tema EFE lo tiene resuelto, pues se utiliza la metodología de análisis cualitativo del *PMBOK*.

De acuerdo a lo que establece y recomienda el *PMBOK*, para hacer uso de esta metodología se debe contar con una tabla de impacto y otra de probabilidad, lo que permite la creación de la matriz de riesgo.

<sup>29</sup> Para entender más sobre los otros enfoques referirse al *PMBOK*.

En EFE, actualmente se cuenta con una tabla de impacto para medir los riesgos en operaciones, por lo que para el presente trabajo se elaboró y adoptó, en conjunto con personal de EFE y siguiendo sus requerimientos, una tabla adecuada para medir los riesgos asociados a proyectos (ver Tabla 39 en anexos). Esta consiste en 6 categorías de impacto con 5 niveles cada uno, numerados de más catastrófico a menos, siendo el más catastrófico el Nivel 5, y el menor el Nivel 1.

En cuanto a las probabilidades, el trabajo de elaboración es más sencillo, puesto que, en el método cualitativo, y debido a la escasez de datos en EFE, las probabilidades se asignan de manera ordinal en una escala de 5 niveles, nominativa. Esto se realiza usualmente de manera lineal con valores ente 0 y 1, por ejemplo, 0,1 / 0,3 / 0,5 / 0,7 / 0,9, pero depende de cada empresa. En el caso de EFE es una escala lineal entre 1 y 5, donde la mayor probabilidad de ocurrencia se representa con el Nivel 5, y la menor, con el Nivel 1, de la misma manera que la tabla de impacto.

La escala vigente de probabilidades en EFE es la siguiente:

Tabla 12: Escala de probabilidades vigente

	<b>Improbable</b>	<b>Casi nunca</b>	<b>Moderado</b>	<b>Probable</b>	<b>Casi siempre</b>
<b>Probabilidad</b>	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
<b>Ocurrencia</b>	Menos de 1% de prob.	Entre 1% y 5%	Entre 5% y 25%	Entre 25% y 50%	Más de 50%
<b>Ponderador</b>	1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por EFE

La evaluación de la probabilidad para cada riesgo se puede dificultar puesto que depende del juicio del evaluador, sin información histórica y sin experiencia en ferrocarriles (o con poca experiencia en construcción de proyectos ferroviarios), al menos en el caso de EFE.

También se pueden utilizar valores no lineales reflejando el deseo de la empresa a rechazar los riesgos de alto impacto, asignando valores más bajos a las probabilidades más bajas, y más altos a las más altas, por ejemplo, 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,4 / 0,8.

La forma en que se analizan los riesgos se describe en el punto 2.

1. Identificación: Probablemente el paso más difícil de la planificación de riesgos y más importante, pues será determinante en las etapas posteriores.

Dentro de esta etapa, de acuerdo a lo que PMI establece, se sugiere revisar ciertos aspectos. El primero de ellos es la manera en que se identifican los riesgos. Los riesgos son

transversales dentro de los proyectos para las empresas, es decir, repercuten en todas las áreas. De esta manera, como elemento central al momento de evaluarlos está el involucramiento de todas las áreas, lo que actualmente no ocurre. Un ejemplo de esto es el Departamento de Medio Ambiente, que nunca ha participado en los estudios de impacto ambiental. En una entrevista realizada a la encargada de este departamento se pudo constatar, en sus propias palabras, que “[...] nuestra área nunca ha sido considerada en los proyectos, incluso para la gestión de éstos se contratan equipos externos que finalmente nos piden a nosotros la información. En el caso del proyecto Batuco es la primera instancia, y nos llamaron sólo porque necesitan más gente”. La situación es similar con la gerencia de inmobiliaria, encargada de administrar los terrenos de EFE (fajas vías y antiguas estaciones, entre otros) y los puntos de ventas que se arriendan en las estaciones, de acuerdo a ellos “[...] esta gerencia hasta después de Rancagua Express nunca fue considerada. Creemos que hace falta visión estratégica de esto, pues nosotros somos los encargados no solo de los terrenos, también de los arriendos en las estaciones. Si quisiéramos dar un mejor servicio deberíamos participar en los proyectos para modelar estos asuntos de mejor manera.”.

Un aporte muy relevante a la identificación de riesgos es la instauración de una instancia donde participe un equipo multidisciplinario de EFE que involucre a todas las áreas asociadas a los proyectos. Esto es muy importante ya que la planificación de riesgos debe ser un proceso abierto y transparente, y participativo y democrático donde todos aporten desde el conocimiento y experticia que poseen y donde todos sean capaces de reconocer en que se puede fallar y evitarlo tomando las medidas precautorias necesarias antes de que se materialicen los riesgos. Lo anterior permitirá mejorar el diseño y prevenir resultados inesperados. Un elemento adicional a considerar es la inclusión de una asesoría externa de la misma industria para aprender de la experiencia externa. De acuerdo a los estándares internacionales de gestión de riesgos esto es el primer paso que se debe dar, para que a través de un equipo multidisciplinario se puedan resolver mejor y de manera más objetiva los problemas de diseño.

Otro elemento importante es definir la estructura y el criterio con que se identifican los riesgos. En Ferrocarriles ello se hace por etapas (perfil, perfectibilidad, factibilidad, ingeniería de detalle, etc.). Sin embargo, mediante el estudio de otros casos [19] se concluye que la mejor manera de identificarlos es por categoría, e.g. financieros, de construcción, tecnológicos, entre otros. Esto es importante también para el monitoreo de riesgos, pues muchos de ellos se repiten a lo largo del ciclo de vida. Pueden tomarse medidas que permiten acotarlos o eliminarlos; la mejor manera de hacer esto es mediante el control de riesgos por área y no por etapa. Otro beneficio de este enfoque es que los riesgos se levantan una sola vez y no en todo el periodo de gestación y ejecución. En la Tabla 13, página 66, y Tabla 38 en anexos, se presenta un ejemplo.

Se sugiere también acotar el número de riesgos a los más relevantes. Luego de realizar un exhaustivo análisis de los riesgos que pueden impactar el proyecto, tal cual como se realiza ahora, se debe limitar a realizar un seguimiento a los más relevantes. Esto ya que las tablas actuales son muy grandes, con alrededor de 300 riesgos o más, lo que limita la capacidad de responsabilizar y realizar el correcto seguimiento de estos.

Como ejercicio, en la presente memoria se construyó un listado de riesgos considerando los más importantes, a consideración del autor y con la experiencia ganada estudiando otros casos y lo que enseña la literatura.

Tabla 13: Listado de riesgos y evaluación<sup>30</sup>

Listado de Riesgos		Impacto							
Eventos		(P)	SA	C	T	I	SL y A	I	Global
<b>Socio ambientales y políticos</b>									
Regulatorio y Permisos	Estudio de Impacto Ambiental incompleto								
	Burocracia interna								
	Dificultad para la obtención de permisos								
Medioambiental	Paralización de la obra por problemas de contaminación por ejecución de la obra								
	Hallazgo de restos arqueológicos								
Planificación	Mala asignación de las responsabilidades en términos de costos, alcance y horizonte de planificación								
	Incomunicación/ baja participación de las áreas involucradas								
	Cambio de alcance / modificaciones del proyecto								
	Mala percepción del público respecto a la construcción del proyecto (vecinos, comunidades aledañas)								
	Escaso trabajo con las comunidades que se verán directamente afectadas con el proyecto								
	Escasa planificación en la etapa de diseño del proyecto								
	Mala coordinación entre los actores involucrados en la ejecución de la obra								
Factibilidad del Proyecto	Conflicto de interés entre las partes involucradas en el proyecto								
	Situación política adversa								
	Oposición a la obra de las comunidades afectadas por el proyecto								

<sup>30</sup> Las siglas bajo la palabra impacto representan una categoría de impacto: Socio ambiental, Costos, Tiempo, Imagen, Seguridad Laboral y Accidente e Información

<b>Ingeniería y construcción</b>									
Diseño	No cumplir con los estándares de construcción requeridos								
	Diseño incompleto y/o poca claridad								
	Cambio de alcance en el proyecto								
	No identificar integración adecuada de sistemas/tecnología								
	Errores en los pronósticos de los estudios (pronósticos)								
	Inviabilidad de futuros proyectos por mala planificación estratégica del proyecto actual								
Construcción	Escases de mano de obra calificada para ferrocarriles								
	No identificar servicios básicos que se verán afectados por la construcción								
	Mala coordinación entre proveedores de servicios								
	Bajos estándares de seguridad de la empresa constructora								
	Falta de experiencia en la utilización de nuevos avances tecnológicos								
Contratos	Errores en las bases técnicas								
	Incompatibilidad de las bases técnicas con el diseño								
	Retrasos en la licitación por complejidad no anticipada/ poca claridad en el diseño								
	Elección del proveedor incorrecto								
	Mala definición de los términos contractuales								
	Deficientes controles de calidad								
<b>Financieros</b>									
Financiamiento	Pérdida o cambio de la fuente de financiamiento								
	Fluctuaciones del tipo de cambio								
	Contratistas con problemas financieros								
<b>Otros</b>									
Riesgos climáticos (terremoto, inundaciones, etc.)									
Imprevistos en las condiciones del terreno									

Fuente: Elaboración propia

2. Análisis: Consiste en identificar los riesgos de acuerdo a su gravedad y probabilidad de ocurrencia para priorizar las medidas y recursos de los que se dispongan para la futura implementación de controles.

Para el análisis se utiliza una tabla de impacto probabilidad (Ver Figura 25: Matriz de impacto y probabilidad), obteniéndose una matriz de riesgo para calcular la gravedad del impacto con un simple cálculo de esperanza,

$$R = P \times I$$

Donde  $P$  es la probabilidad, e  $I$  el impacto, medido en una escala nominativa del 1 al 5, como se puede ver en las tablas de probabilidad e impacto antes mencionadas.

Si EFE quisiera adoptar una escala no lineal para el análisis de sus riesgos, se sugiere cambiar la escala a una nominativa entre 0 y 1 como la que se mencionó anteriormente, siguiendo la recomendación del *PMBOK*.

Una sugerencia para el análisis es seguir la metodología expuesta por Sergio Villar Salinas [20]. La base de la metodología es la misma, sólo cambia la forma en que se calcula la gravedad del riesgo, calculada como la esperanza de todas las categorías de impacto que lo determinen:

$$\left\{ \forall j \in \mathbb{N} \ i \in \mathbb{N}; R_j = P_j * \sum_{i=1}^n I_i \right\}$$

Donde  $R_j$  es el riesgo  $j$ ;  $P_j$  la probabilidad de ocurrencia del riesgo  $j$ ; e  $I_i$  representa la categoría de impacto (Catastrófico (5), Alto (4), Moderado (3), Menor (2) e Insignificante (1)) que afecta al riesgo  $j$ .

Con esta metodología de cálculo se pretende evaluar los riesgos considerando una única probabilidad de ocurrencia, pero considerando que el riesgo puede impactar en más de una dimensión al proyecto.

La urgencia con que se deben asignar cada uno de estos dependerá de la escala. Suponiendo que se adopta la escala no lineal nominal entre 0 y 1, la urgencia estaría catalogada como sigue:

Tabla 14: Matriz de Riesgo para un caso específico

Probabilidad	Puntuación de riesgo = P x I														
0,8	4	8	12	16	20	24	<table border="1"> <tr> <td>9-30</td> <td>Extrerno</td> </tr> <tr> <td>5-9</td> <td>Alto</td> </tr> <tr> <td>2-5</td> <td>Moderado</td> </tr> <tr> <td>0-2</td> <td>Bajo</td> </tr> </table>	9-30	Extrerno	5-9	Alto	2-5	Moderado	0-2	Bajo
9-30	Extrerno														
5-9	Alto														
2-5	Moderado														
0-2	Bajo														
0,5	2,5	5	7,5	10	12,5	15									
0,3	1,5	3	4,5	6	7,5	9									
0,1	0,5	1	1,5	2	2,5	3									
0,05	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5									
	5	10	15	20	25	30									
	Impacto														

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de esta tabla se consideró en la parte inferior la posibilidad de la suma de las distintas categorías, entre 5 y 30. Cada riesgo se evaluará dependiendo de la esperanza calculada.

A modo de ejemplo, se considerará la valorización de que se materialice el riesgo de un estudio de impacto ambiental incompleto:

Tabla 15: Ejemplo de valoración de riesgo

Riesgo	Impactos (I)						Probabilidad		Global	Clasificación
	SA	Costo	Tiempo	Imagen	SL y A	Información	P			
Estudio de impacto ambiental incompleto	5	4	4	3	0	4	0,5	=0,5*(5+4+4+3+0+4)=10	Alto	

Fuente: Elaboración propia

### 3. Respuesta y seguimiento y control

Luego de análisis de cada riesgo se preparan planes de respuesta según la gravedad y urgencia de cada uno de éstos, identificando responsables.

A pesar de que EFE identifica roles y asigna responsables para cada uno de los riesgos, no está muy claro el seguimiento a lo largo del año. Según la normativa interna del área de riesgos esta tarea se debe realizar anualmente, lo que indica que no existe un monitoreo continuo a los riesgos identificados ni registro alguno de la manera en que se cumplen las responsabilidades. Este punto es de suma relevancia para poder mitigar la suerte de los eventos, por lo que se sugiere, de acuerdo a lo que establece *PMBOK* dar más continuidad a esta tarea, actualizando la normativa actual. En particular, como se mencionó anteriormente, se sugiere adaptar la normativa de operaciones a una nueva para desarrollo de proyectos, pues son ámbitos muy distintos que requieren de otro tipo de atención.

EFE se encuentra en una etapa de migración de la metodología de planificación y gestión de riesgos a un software especializado en monitoreo y control de riesgos llamado Pentana Audit Work System (PAWS), para auditoría y control de riesgos internos en las compañías, por lo que esto debería cambiar. Este software cumple con las funciones de

registro: los riesgos post identificación; de los controles; planes de acción; y los responsables de cada riesgo- y monitoreo. Otra función que lo caracteriza es la capacidad de valorizar y categorizar los riesgos de acuerdo a los impactos y probabilidades que se ingresen por parte del usuario, asignando distintos grados de urgencia a estos. PAWS permite mejorar el seguimiento por medio de alertas cuando un plan de acción está por vencer, pues a cada riesgo se le debe asignar un plan con fecha de inicio y término.

Es importante mencionar que a la fecha este programa no se ha utilizado y se ha dejado de lado su uso para proyectos, enfocándose solamente en términos operacionales. No existe fecha para su implementación en proyectos.

### Planificación de riesgos en EFE y Proyecto Puente Biobío

El departamento de riesgos en EFE depende de la Gerencia de Seguridad Operacional (GSO). La principal función de esta gerencia, según su propia declaración, es ser “[...] la encargada de velar por la correcta operación y el tráfico ferroviario, sobre la base de estándares de seguridad y operación que permitan la óptima circulación de trenes por las vías de propiedad de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado.”, debiendo hacerse cargo de las funciones del día a día de EFE y del levantamiento de riesgos operacionales. Con el nuevo plan estratégico de EFE, el cual tiene contemplado la implementación de nuevos proyectos y ferrocarriles para extender y mejorar su servicio, esta gerencia asumió el rol de hacerse cargo también de los riesgos en proyectos.

Desde el punto de vista práctico y técnico, se plantea como potencial mejora que la planificación de riesgos en proyectos se haga en conjunto con el área de auditoría de EFE, en la Gerencia de Contraloría, la que declara que “[...] su rol principal es contribuir con la Dirección en la mejora de la eficiencia y eficacia del sistema de control interno, con la finalidad de permitir un escenario de toma de decisiones sobre la base de mediciones y gestión de riesgos acotados.”. Inclusive, dentro de sus funciones establecen las siguientes:

- Los riesgos se identifiquen y gestionen en forma adecuada.
- La información financiera, administrativa y operativa sea precisa, confiable y oportuna.
- Los empleados cumplan con las políticas, las normas, los procedimientos y los reglamentos y leyes aplicables.
- Los activos adquiridos se utilicen de manera eficiente y se salvaguarden en forma adecuada.
- Se cumpla con los programas, planes y objetivos.
- Se fomente la calidad y la mejora continua en el proceso de control de la organización.
- Se reconozcan y aborden las cuestiones legales o reguladoras significativas que impacten en la organización en forma apropiada.

Hay muchos riesgos que escapan de las capacidades de análisis de la GSO, por acceso a la información y por cantidad de personal. La Gerencia de Contraloría, por su parte, tiene la atribución de fiscalizar los procedimientos de todas las áreas, por lo que se podrían establecer mecanismos de control para monitorear y controlar los riesgos más importantes con mayor verticalidad y mejor información, para luego compartir los resultados de dicha gestión con la GSO.

En lo que al proyecto Biobío se refiere, lo único realizado a la fecha en cuanto a la planificación de riesgos es el levantamiento y análisis. Ellos fueron hechos en conjunto con el personal de la Gerencia del Proyecto en Concepción, utilizando la metodología de la Gerencia de Seguridad Operacional orientada a operaciones (metodología recién descrita), pues EFE no cuenta con tablas de impacto probabilidad para proyectos. Desde el punto de vista técnico es un procedimiento erróneo, pues el análisis realizado no permite cuantificar y valorar correctamente los riesgos para proyectos.

Sin embargo, es un avance y ejercicio importante para la identificación de los potenciales problemas, pues la metodología es análoga en la etapa de identificación, no así en el análisis, pues se usa una tabla de impacto distinta. Es importante destacar la poca experiencia de EFE cubriendo esta materia, pues dentro de la revisión de los riesgos levantados se encontraron problemas en la redacción. De acuerdo al área de riesgos, “[...] esto es un problema pues se presentan ambigüedades al momento de revisar los criterios de evaluación y las medidas de control para cada riesgo. De acuerdo a la política de riesgos es muy importante que estos sean expresamente identificados de manera clara y sencilla, pero aún existe escasa experiencia en los equipos que se encargan de la identificación. El tener que revisar los listados de riesgos toma mucho tiempo y muchas veces se debe volver sobre éstos con la gente que los identificó para aclararlos y evitar problemas futuros [...]”

Otro problema es que ese trabajo ha sido desaprovechado con el tiempo, pues no se ha llevado un monitoreo de los riesgos levantados a pesar de que algunos se han catalogado como extremos, es decir, urgentes de atender y revisar. Las medidas de control tampoco han sido establecidas, por lo que, siguiendo la recomendación del *PMBOK*, se debe realizar un monitoreo continuo e iterativo para reducir la incertidumbre de los riesgos.

Las etapas de mitigación y respuesta a los riesgos son menos relevantes en el proceso de gestión de riesgos. Lo realmente importante es la identificación y la posterior valoración de estos para poder una definición correcta de las medidas que se puedan tomar ante la realización de los riesgos. Esto se consigue mediante un comprensivo análisis de los riesgos y un profundo entendimiento de las responsabilidades de cada parte involucrada en los proyectos.

## 8.2 Análisis de la metodología de Evaluación de proyectos de EFE

*“Plans are nothing; planning is everything”, Dwight D. Eisenhower*

La importancia de la evaluación de proyectos radica en poder planear de la manera más precisa posible el futuro de los proyectos desde la fase preinversional en adelante, pues en esta se establece un diseño de ejecución de obras y los plazos para el término del proyecto. Una correcta planificación es necesaria para poder evitar los riesgos que podrán perjudicar el correcto desarrollo del proyecto. Sin embargo, los planes no son fijos. Se debe tener en mente que éstos cambian a lo largo del ciclo de vida del proyecto, pues a lo largo de las etapas cambian los alcances. Los proyectos son una continua planificación.

Mott MacDonald [6] en su estudio sobre la metodología de evaluación de proyectos del *Greenbook* (libro de evaluación de proyectos en UK), señala la importancia de la evaluación de proyectos y el potencial impacto que tiene en la probabilidad de reducir los niveles de sesgo,

recalcando la necesidad de ser rigurosos en los procedimientos. Esto se puede fortalecer por la introducción de etapas al proceso que se debe cumplir para obtener los recursos y mejorar el curso de los gastos.

Se ha constatado que la metodología establecida por el MDS para la evaluación de proyectos ferroviarios no dista mucho de la establecida en Inglaterra, país vanguardista en lo que a evaluación de proyectos se refiere, en especial de transporte (ver Anexo 1). La norma obliga a EFE a presentar sus proyectos, o Iniciativas de Inversión (IDI), por etapas (perfil, pre factibilidad y factibilidad), en las que debe cumplir con determinados requisitos y obtener RATEs (Resultado de Análisis Técnico Económico) favorable (RS) para conseguir los recursos. Estos RATEs funcionan como “filtros” (o “puertas” de acuerdo a Mott MacDonald) para poder continuar a la etapa siguiente, de lo contrario, el proyecto podrá ser rechazado y deberá completar los antecedentes incompletos, causando mayores retrasos en la aprobación de presupuestos y de obras. De no cumplir con los antecedentes y proceder a la siguiente etapa, el proyecto puede ser calificado con incumplimiento de normativa (IN) y deberá recurrir a otras instancias (Dipres, entre otras) para obtener una resolución favorable.

EFE parece ser una empresa inmadura formulando y evaluando proyectos, pues a pesar de la existencia de una normativa y mecanismo para regular la entrega de recursos, los resultados de los proyectos muestran que ha sido difícil mantener los planes originales y seguir los proyectos de acuerdo a lo planeado inicialmente. Si bien EFE contrata gran parte de los servicios para la elaboración de los proyectos (planificación, estudios y administración y licitación y construcción), debieran reforzar el monitoreo de sus proyectos en todas las etapas e involucrarse profundamente.

En una entrevista con la división del MDS encargada de la revisión de los proyectos de EFE se pudo develar que el personal de la empresa de Ferrocarriles no cuenta con la experiencia adecuada para realizar evaluación de proyectos. De acuerdo a ellos, *[...] nosotros nos damos cuenta que existe una falta de experiencia. Un ejemplo de esto es que no se maneja adecuadamente la tipología de proyectos, concepto muy simple. [...] Hasta hace un tiempo atrás (5 años), las cosas se hacían de otra manera y la exigencia era menor y esto pasaba por alto. Nos hemos propuesto como MDS subir la exigencia al revisar las evaluaciones entregadas, es necesario mejorar el control sobre los proyectos aprobados pues los recursos se deben aprovechar de manera correcta.* Señalan también en la entrevista que *“[...] dentro de EFE pareciera que no saben evaluar proyectos. Muchas veces debemos pedirle que completen la documentación con la información adecuada y completa según establecen los manuales.”*

De hecho, la última IDI ingresada por el proyecto Puente Biobío para obtener recursos y pasar a la siguiente etapa fue calificada con RATE IN, es decir, Incumplimiento de Normativa. Dentro de las razones más relevantes expuestas en el informe de MDS para otorgar esta calificación están las siguientes<sup>31</sup>:

- No ingresar minuta con antecedentes de trabajos en la etapa de pre factibilidad. Sólo se ingresa información de factibilidad.

---

<sup>31</sup> La afirmación en cada punto corresponde a una cita textual del informe, el párrafo a continuación en el caso correspondiente es una explicación

- Adjuntar un cronograma financiero de la etapa previa y explicar cómo se respalda un gasto por M\$ 1.023.070 si aún no se obtiene la aprobación del MDS.

Para esta etapa se debería haber solicitado recursos y se utilizó plata sin autorización del MDS en los RATEs previos.

- Uso incorrecto del factor de descuento de precios privados a sociales. Corregir el 0.8 al factor correspondiente, pues este corresponde a la etapa de perfil. Uso incorrecto de 0.8 en expropiaciones, este es 1.

Lo que corresponde a la etapa actual del puente, factibilidad, es la elaboración de un presupuesto detallado y por ende el uso de factores de descuento individuales por cada elemento o partida del presupuesto, establecidos por el MDS. El 0,8 corresponde a la etapa de perfil pues es genérico para todos los elementos y costos en la inversión y pretende dar un valor aproximado y global del resultado final.

- Adjuntar certificación de aprobación del estudio de demanda y estimación de beneficios sociales netos del proyecto por parte de SECTRA.

El estudio al cual se hace análisis en esta memoria no ha sido validado por SECTRA, pero es la única referencia de antecedentes para el proyecto.

Estos hechos abren la posibilidad a que los proyectos presenten un amplio sesgo en la evaluación, pues no se están cumpliendo las normas adecuadamente e incluso se presentan problemas técnicos como el mal uso de la evaluación social. Este es el tipo de problema que aborda el método *Reference Class Forecasting*, que ha sido adoptado por diferentes países.

### 8.3 Diagnósticos del sesgo en EFE y en el Proyecto Puente Biobío

Como se mencionó anteriormente, las causas del sesgo optimista son principalmente dos: engaño estratégico y una falsa ilusión de optimismo. A continuación, se explorará la posible existencia de estas causas en EFE y luego se evaluará el proyecto Puente Biobío para proponer mejoras a la gestión del mismo.

#### 8.3.1 Tergiversación estratégica: Problema del Agente-Principal y otras fuentes de engaño

Dadas las características de EFE como empresa asociada al Estado, se puede argumentar que existe una fuerte predisposición a que haya problemas de riesgo moral. Al igual que en el ejemplo mencionado en la sección 7.3.1, se puede considerar que esta empresa enfrenta un problema de Agente-Principal multinivel, donde existen tanto contribuyentes, gobierno nacional y local y empresas públicas (EFE), como también municipalidades, políticos y otros actores involucrados como los contratistas, planificadores, etc. donde cada uno busca su beneficio propio. Es aquí donde se producen los conflictos de interés y los sesgos aparecen con más fuerza.

Para poder observar la existencia de este fenómeno se siguió el trabajo realizado por Bent Flyvbjerg y COWI [13] y se entrevistó a los distintos actores involucrados en el proyecto,

incluyendo a personal de EFE matriz, FESUR, Gerencia del Proyecto Puente, Ministerio de Desarrollo Social y planificadores.

Ya se comentó antes sobre la visión que tiene el MDS sobre Ferrocarriles, pero ellos inclusive acotaron lo siguiente: “[...] muchas veces cuando ingresan IDIs (EFE) no estamos seguros que los resultados que ellos presentan sean los que realmente existen, Muchas veces nos preguntamos si se presentará al Directorio la misma información que a nosotros, y a los contratistas la misma que al Directorio, o en el Plan Trienal la misma que al Directorio [...].” Esta afirmación por parte de la gente de MDS muestra y evidencia los conflictos de interés que posiblemente pueden existir y la tendencia al engaño estratégico para poder obtener los recursos. Pareciera existir asimetría de información entre los actores involucrados, o al menos así lo sienten ellos.

Luego se comparó la información ingresada en el Plan Trienal de EFE con aquella ingresada a MDS, resultando ser prácticamente los mismos datos. Se pudo verificar que los presupuestos ingresados y presentados a las distintas entidades son prácticamente iguales. Sin embargo, se considera que el hecho de existir esta opinión revela una percepción de bajo nivel de transparencia dentro de la institución, pues la confianza dentro de las instituciones involucradas es baja.

Otro elemento obtenido de las entrevistas, es la discrepancia que existe entre la Gerencia del proyecto, a cargo del proyecto, y FESUR, futuros operadores del puente. Según el jefe de proyecto, “[...] la demanda es probable que se encuentre estabilizada después de la extensión a Coronel. No creemos que pueda aumentar mucho más, pues ya se duplicó. Pero creemos que el proyecto es necesario por temas estructurales. Es necesario evitar accidentes, no es deseable que el puente caiga río abajo para cambiar la estructura.”. Para la gente de FESUR “es probable que aumente mucho con el nuevo puente. Si ya con la extensión del Biotrén a Coronel se duplicó, con este nuevo proyecto se espera que aumente considerablemente. Estamos esperando que aumente un poco cuando se implemente el servicio de buses de Lota a Coronel, del orden de 1000-2000 pasajeros más diarios, en línea con lo estimado.”. Aquí se puede evidenciar el interés propio de cada uno de los actores involucrados en el proyecto, donde por un lado la gerencia del proyecto quiere seguir adelante con el proyecto a como dé lugar, y por otro, los futuros operadores del puente lo justifican con la necesidad de mejorar el servicio. Ambos pueden estar en lo correcto con la urgencia por construir un nuevo puente y evitar que el actual puente caiga y asumir los costos de un accidente y la vida alguna persona.

El área de planificación estratégica y estudios, encargada de ingresar las Iniciativas de Inversión al Banco Integrado de Proyectos (BIP) para postular a financiamiento y de realizar la evaluación de los proyectos, los estudios (con terceros) y el Plan Trienal también fue entrevistada. En sus palabras, “[...] en nuestra área no presentamos riesgos. Nosotros solo nos encargamos de ingresar los proyectos al MDS.”. Sin embargo, es de vital importancia la revisión de los estudios realizados y encargados a terceros, los contratos establecidos, las bases de las licitaciones, la elección de la empresa correcta, entre otros elementos, todos dependientes de esta área y centrales para el éxito del proyecto. Se procedió además a preguntar si ellos realizaban evaluaciones *ex post* de los resultados. La respuesta fue negativa, por lo que si bien no es posible afirmarlo, se abre la posibilidad de que los resultados se alejen de la realidad y que exista tergiversación de la información. Y lo más importante, es que si no se realizan post evaluaciones, las posibilidades de

aprendizaje se reducen muchísimo, pues esta etapa es una buena oportunidad de ser críticos con el trabajo hecho.

Para conseguir recursos públicos el área de planificación considera la competencia existente en el sector público como un elemento central. Dentro del plan estratégico ellos plantean como una de las principales barreras para el financiamiento la escasez o asignación de esos recursos, debido a las diferentes reformas que se desean implementar en el gobierno o a la dependencia de los ciclos económicos. Proyectos como los de EFE pueden ser postergados en pos de otorgar recursos a otras iniciativas. Esta afirmación de ellos se corrobora con lo planteado en la sección 7.3.1, donde se postula como una de las principales causas de sobrecostos y coincide con la realidad de EFE, que ha tenido que dejar de lado algunos proyectos debido al escaso financiamiento y postergación de los recursos.

### 8.3.2 Falsa Ilusión de éxito

Con respecto a la falsa ilusión de éxito, cabe mencionar y recordar lo presentado en el marco conceptual. En primer lugar, la existencia de la falacia de planificación. Se identifican los siguientes elementos de optimismo dentro del proyecto puente que pueden sesgar el éxito del proyecto de acuerdo a lo planificado:

#### 8.3.2.1 Comunidades:

Dado lo sucedido con la construcción del puente Chacabuco<sup>32</sup> que se esperaba estuviera listo en diciembre de 2013 y que aún enfrenta problemas con las comunidades para poder ser terminado con esperanzas de que esté listo para mayo de 2018, EFE ha tomado la precaución necesaria. Sin embargo, si EFE estima no tener problemas con las comunidades que se verán afectadas deberá realizar un trabajo conjunto con ellas, y hasta el día de hoy, esto se ha realizado de manera muy pobre. De acuerdo a una entrevista realizada a la gente a cargo de esta materia dentro del Proyecto Puente Biobío, “[...] *esperamos no enfrentar problemas con las comunidades que se verán afectadas. Para esto estamos trabajando en conjunto con el SERVIU, quienes deberán relocalizar la población antes que comience la construcción y de esta manera, también se evitará realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y será necesario sólo presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) dado los requisitos de cada una [...].*”. A pesar de que en EFE señalan lo anterior no se han visto avances en esta materia, por lo que se prevé posibles retrasos con la construcción del puente si no se toman las medidas necesarias.

#### 8.3.2.2 Horizonte de planificación:

Este proyecto se tiene en mente desde el año 2010, luego del sismo que afectó fuertemente la zona dejando el puente existente en malas condiciones. El año 2012 se presentó el primer cronograma para el inicio de los trabajos, como se puede observar en la Figura 19. En este se pretendía tener las bases de licitación listas para mediados de 2014, lo que no fue posible por distintas razones y el plazo debió ser postergado. Ya para el año 2014 con el nuevo Plan Trienal se presentó un nuevo proyecto con el cronograma (adjunto en la Figura 20), donde se observa que se pretendía tener la ingeniería de detalle lista para finales de 2015, por lo que la licitación para la

---

<sup>32</sup> Más detalles de la construcción de este puente se presentan en la sección 8.4

construcción estaría lista para comienzos de 2016. Sin embargo, esto tampoco fue posible y el proyecto se postergó aún más. La

Figura 21 muestra el cronograma vigente para septiembre de 2016, donde se observan los hitos más importantes. De acuerdo a este cronograma de actividades, el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle debiera haber comenzado en octubre de 2016, sin embargo, para finales de ese año aún no se concretaba la licitación.

Figura 19: Cronograma Estudio de Mejoramiento de Puente Biobío, 2012

4.1 Planificación ETAPA 1: Análisis de Alternativas

HITO	Ene-13	Feb-13	Mar-13	Abr-13	May-13	Jun-13	Jul-13
Recopilación de Antecedentes	■						
Estudio estructural puente existente		■					
Evaluación de Alternativas			■				
Bases de licitación				■			

4.2 Planificación ETAPA 2: Diseño Definitivo

HITO	Oct-13	Nov-13	Dic-13	Ene-14	Feb-14	Mar-14	Abr-14	May-14	Jun-14	Jul-14	Ago-14
Desarrollo ingeniería básica	■										
Diseño definitivo	■										
Presupuesto y Bases de Licitación									■		

Fuente: Estudio de Mejoramiento de Puente Biobío, 2012

Figura 20: Cronograma 21/10/2014

Item	2014			2015												
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<b>Etapa 1: Factibilidad</b>																
Obtención RS y Decreto Identificatorio	■	■														
Proceso licitación Estudio Factibilidad		■	■													
Estudio Demanda				■	■	■										
Estudio Alternativas					■	■	■									
Estudios de campo																
Expropiaciones																
Topografía																
Sondajes																
Batimetría																
Mecánica de suelos																
Estudio Hidrológico																
Estudio Hidráulico																
<b>Etapa 2: Ingeniería de detalle</b>																

Fuente: Estudio de Factibilidad, 2014

Figura 21: Cronograma vigente 2/9/2016

ID	ACTIVIDAD	F_INICIO	F_TÉRMINO
	<b>Proyecto Puente Biobío</b>	<b>01-may-15</b>	<b>15-jul-20</b>
11	Publicación y licitación/Recepción ofertas Asesoría Coordinación	10-ene-15	23-feb-16
14/15	Desarrollo y cierre de la Asesoría de Coordinación.	01-abr-16	15-jul-20
16	Erradicaciones / Expropiaciones	07-ene-16	30-abr-18
23	Publicación y licitación/Recepción ofertas Ing. Básica / Detalles	20-jun-16	28-ago-16
26	Desarrollo y término Ingeniería Básica / Detalle	21-oct-16	14-nov-17
31	Publicación y licitación/Recepción ofertas ITO	07-nov-17	11-dic-17
34	Desarrollo y término Inspección Técnica de Obra	02-feb-18	30-jun-20
39	Publicación y licitación/Recepción ofertas Construcción	23-nov-17	27-dic-17
42	Desarrollo y término Construcción	27-feb-18	15-jun-20

Fuente: Carta Gantt Vigente Proyecto Puente Biobío, septiembre 2016

Las cartas Gantt adjuntas revelan que existe un importante grado de retraso respecto a la planificación inicial, más de 2 años. El ingreso de la primera ficha IDI al BID es la primera aproximación de lo que se planifica para el proyecto, que por lo general va de la mano con importantes cambios. En este caso, el proyecto se vio gravemente afectado por la escasez de recursos, pues fue planeado contemporáneo con la reconstrucción de 2010. El presupuesto se destinó para dar otro tipo de soluciones más importantes después del terremoto, como el restablecimiento de los servicios y las obras habitacionales de la Región.

Respecto a la planificación de 2014, también existe un gran retraso, de alrededor de 1 año. Sin embargo, la mayoría de los estudios importantes para el proyecto se encuentran realizados, como la topografía, batimetría, aerofotometría e hidrológico, entre otros. Y en ese sentido los avances no son menores pues son estudios que requieren mucho tiempo y recursos.

Es importante hacer una observación respecto a los plazos. De acuerdo a lo que señalaran el equipo encargado de la erradicación de campamentos de EFE en Concepción, actualmente en el proyecto se está intentando realizar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y evitar un Estudio de Impacto Ambiental. Para esto, EFE debe intentar que las expropiaciones de los terrenos ubicadas en el triángulo Chepe (ver Figura 4) sean realizadas por el Serviu, pues del contrario el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) cuestionará su proceder, pues si EFE realiza las expropiaciones por cuenta propia se podría mal interpretar sus deseos de no realizar el EIA. Dentro de la gerencia del proyecto se espera que SERVIU sea capaz de realizar un trabajo con las comunidades para erradicar el campamento que interviene en el proyecto y así evitar el EIA. Si esto no se pudiera concretar, EFE se vería obligado a desarrollar un EIA que requiere mucho tiempo y recursos, pues se deben realizar numerosos estudios de distinta índole (flora, fauna, expropiaciones, etc.), por lo que el proyecto enfrenta un potencial riesgo muy importante para los plazos. Los estudios tardan alrededor de un año.

### 8.3.2.3 Demanda:

De acuerdo a lo que la literatura sugiere, los pronósticos de demanda están sesgados típicamente por una sobreestimación en instancias en que existe una fuerte presión política e ideológica por sacar adelante los proyectos y vislumbrar los trenes llenos de gente, cambiándose

de los autos a los vagones [9]. Otra posible explicación a los sesgos en la demanda es la competencia por fondos entre los ferrocarriles y otros proyectos, pues se crean incentivos muy fuertes a que los promotores del ferrocarril se desvíen de la realidad para obtener los fondos. Junto con ambas razones recién expuestas, se plantea como un tercer sesgo la incertidumbre de la distribución de los viajes, la cual es adaptada para que encaje a las expectativas de las políticas nacionales y no se ajusta a la realidad.

El estudio de demanda de carga realizado por OPTYGES, 2014, utilizado para justificar la construcción de un nuevo puente considera la construcción del proyecto MAPA, o Modernización y Ampliación de la Planta Arauco, perteneciente a la empresa Celulosa Arauco, que supuestamente estaría lista para el año 2018 y aportaría alrededor de 1,5 millones de toneladas extras al consumo de trozas y rollizos de madera, siendo el único proyecto importante a la fecha. Sin embargo, esta planta ha enfrentado serios problemas con las comunidades y se prevé que estará lista para el año 2021 con 3 años de retrasos<sup>33</sup>. Esto, sin embargo, no afectaría mucho el proyecto, ya que al igual que MAPA, presenta un desfase de cerca de un año y medio. Otro problema y motivo adicional por el cual fue rechazado la última IDI, es que el estudio de demanda no se encuentra validado por SECTRA, por lo que deberá ser presentado a esta entidad previo a la aprobación, generando más burocracia. Esto refleja poca coordinación entre los organismos y la empresa.

En cuanto a la demanda de pasajeros, EFE espera que ésta tenga un aumento de 5% anual los primeros tres años, luego un 2,5% y un 2% desde el año 2030 en adelante. Según la empresa, estas cifras son entregadas por SECTRA, pero no se ha podido tener acceso a ellas en el marco del presente trabajo, para verificarlos. En términos del aumento de demanda debido al aumento de frecuencia, EFE estima que éste será de un 30% anual, cifra obtenida del “*Estudio de pasajeros ferroviarios en la Región del Biobío*”, estudio al que se tuvo acceso.

Tabla 16: Parámetros para la evaluación del crecimiento de la demanda de pasajeros

<b>Pasajeros</b>	
Valor social del tiempo [\$/hora]	1.416
Crecimiento de la demanda	
2015-2018	5,0%
2019-2030	2,5%
2030-2067	2,0%
Incremento de pasajeros por Aumento de Frecuencia	30,3%
Incremento de la demanda en escenario optimista	20%
Disminución de demanda en escenario pesimista	20%

Fuente: Evaluación de Proyecto Puente Biobío, EFE

De acuerdo a la información levantada, pareciera ser que los pronósticos de EFE tienden a estar sesgados para poder cumplir con las políticas nacionales y con la planificación estratégica de la empresa. No hay evidencia ni justificación en algunas cifras utilizadas que aseguren que se

<sup>33</sup> Cabe mencionar que no se tienen nuevas noticias acerca de este proyecto desde hace un año.

cumplirán las metas propuestas, ni existe un análisis de sensibilidad de las metas propuestas donde se estimen posibilidades y riesgos de no cumplir con los objetivos.

#### 8.3.2.4 Costos:

Como se argumentó anteriormente, existen diversas explicaciones para explicar los sobrecostos. Las razones técnicas fueron descartadas por distintas razones, dentro de las cuáles la más importante es el error sistemático en los pronósticos y el sesgo en las distribuciones. En segundo lugar, si fueran razones por escasez de datos o técnicas no adecuadas, se debiera observar una mejora a lo largo del tiempo, lo que no sucede.

Las razones político-económicas y psicológicas dan cuenta de mejor manera los sobrecostos explicando los sesgos de las distribuciones. Las razones económicas [18], en primer lugar, entregan motivos de interés propio del sector público porque los proyectos se materialicen, pues hay creación de trabajo a lo largo de la cadena productiva involucrada (ingenieros, arquitectos, constructores, etc.) y, en segundo lugar, la competencia por fondos en el sector público. Ambas razones se acomodan a las distribuciones encontradas, entregando resultados sesgados en los pronósticos para que los proyectos se lleven a cabo.

Las razones psicológicas explican los malos resultados en los pronósticos debido a la estructura mental de quienes los promueven y el sesgo optimista que esto conlleva, teniendo implicancias directas en subestimar los pronósticos de los costos.

El proyecto planeado para el Plan Trienal 2014-2016 fue aprobado por un presupuesto de USD 120 MM sin haber completamente definido los alcances del puente ni del proyecto en su totalidad.

Desde su concepción a la fecha, el proyecto ha cambiado considerablemente. Antes estaba planificado para situarse aguas arriba del actual y bordearía el Cerro Chepe por el sector poniente, pero la existencia de un campamento y el asentamiento de cerca de 68 familias llevaron a cambiar los alcances de este. Hoy la construcción del puente se hará aguas abajo del actual y contempla la construcción de un túnel bajo el Cerro Chepe de más de 300m. Para ello se deberán reasentar 12 familias.

Esto no es otra cosa que un cambio de alcance en el proyecto, y similar a lo ocurrido en Rancagua Express, donde también se debió reformular el proyecto. Hechos como estos reflejan el escaso aprendizaje organizacional de la empresa, por lo que una vez más

En una entrevista con el área de planificación, se les preguntó acerca de los pronósticos realizados por la empresa a cargo, IDOM, donde se elabora una propuesta para el proyecto que se adhiere al presupuesto inicialmente estimado. A pesar de los cambios de alcance, IDOM señala en su informe que los costos no varían mucho y que se puede construir con el mismo gasto presupuestado. Ellos argumentan que el traslado de la gente y su reubicación se equilibraría con los costos del túnel.

En EFE no existe una mirada crítica a estos resultados, más bien se considera que, en sus propias palabras, *“el presupuesto que se estimó inicialmente fue muy bueno, a pesar de haber*

*cambiado de alcance seguimos apuntando a mantenernos dentro de los márgenes previamente establecidos*". El señalar esto no hace más que corroborar las causas y enfermedades descritas que ocurren en las organizaciones y llevan a los proyectos a un fracaso económico.

Otro fenómeno sobre el cual se hace referencia en el marco conceptual en la sección 7.2 es el *anchoring*, o efecto señuelo y anclaje. Tanto para el jefe de proyecto como para la gerencia de planificación estratégica el presupuesto del proyecto debiese mantenerse inalterado a pesar de los cambios de alcance realizados desde que se ingresó el proyecto al PT 2014-2016, lo que parece extraño dado la incorporación al proyecto inicial de un túnel. En ese sentido, es importante recalcar la existencia de este fenómeno del anclaje descrito y enunciado previamente.

Un elemento no menos importante dentro del presupuesto del proyecto son los imprevistos. De acuerdo a lo que sugiere el *PMBOK* es muy importante destinar y evaluar un monto para los cambios en los proyectos, pues por muchas razones esto suelen cambiar de alcance a lo largo de la construcción o se materializan distintos riesgos que cambian los costos.

En la tabla a continuación se resume de manera sistemática los sesgos más importantes de acuerdo a lo estudiado, y se puede observar que el nivel de sesgo es en la mayoría de los casos alto.

Tabla 17: Resumen de los sesgos encontrados

Nivel de sesgo		Alto	Medio	Bajo
<b>Psicológicas</b>				
Optimismo en los resultados	Creencia que los resultados luego del proyecto se adecuarán al plan estratégico y a la política nacional de transporte de carga y pasajeros por ferrocarril	X		
Falacia de planificación	Existencia de falsas ilusiones de éxito y utilización de información interna (horizonte de planificación, estudios, entre otros)	X		
<i>Anchoring</i> o anclaje	Anclaje a los pronósticos realizados para tomar la decisión de construir. Primera pieza de información ofrecida	X		
Ambiente de aprendizaje	Retroalimentación de la información y experiencia generada en la empresa	X		
	Comunicación y fluidez de la información entre las áreas involucradas	X		
<b>Político-económicas</b>				
Diferencias de interés de los agentes involucrados en el proyecto: EFE, Gerencia Proyecto Pte., municipalidad, etc.		X		
Competencia por fondos en el sector público		X		
Asimetrías de información		X		
Diferentes preferencias por riesgo entre EFE, Gerencia del Proyecto, Municipalidad, etc.		X		
Diferencias en los horizontes de planificación		X		
Difusa o asimétrica contabilidad			X	
Cumplimiento de la normativa		X		
<b>Otros</b>				
Planificación y gestión de riesgos		X		
Cumplimiento de las metas establecidas hasta la fecha		X		

Fuente: Elaboración propia

Un último comentario y no menos importante en la evaluación del proyecto puente, es el hecho que, de acuerdo al MDS y la última calificación al resultado de análisis técnico económico del proyecto, el proyecto no está correctamente evaluado.

Dado el grado de avance en los estudios y etapas realizadas, los descuentos relacionados con la evaluación social debiesen ser realizados de manera desagregada entre las componentes de este, pues existen factores específicos para las distintas partidas que componen un proyecto (dígase por ejemplo, para los revestimientos, para las estructuras de hormigón, de acero; para los elementos de control y seguridad; y para los puentes) cuando este se encuentra en un grado de avance mayor, como es el caso de este, en etapa de factibilidad. Sin embargo, la información y resultados de evaluación proporcionados por EFE al MDS muestran que no se ha evaluado correctamente, pues se ha aplicado un factor de descuento global de 0,8 a los costos del proyecto, lo que corresponde a la etapa de perfil <sup>34</sup>.

#### 8.4 Análisis de la inclusión del sesgo optimista en el análisis del Proyecto Puente Biobío

Para incluir explícitamente el sesgo optimista en el análisis se considerarán todos los aspectos y antecedentes recién mencionados; al parecer EFE enfrenta muchos de los problemas en los que las empresas públicas en general se ven envueltos. Esta situación, como se demostró, parece ser mucho más común de lo que se piensa, siendo los sobrecostos la regla más que la excepción.

Como se mencionó anteriormente, el pronóstico en base a clases de referencia busca situar a un proyecto en una distribución de posibles resultados tomando como referencia proyectos similares. En ese sentido, el puente Chacabuco o Bicentenario, en Concepción, es un buen punto de partida y se considera relevante tener en consideración. Este puente fue construido por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) luego del terremoto de 2010 para poder reemplazar al Puente Viejo del río Biobío que debió ser demolido por daños en su estructura. El principal objetivo fue recuperar y mejorar la conectividad vial de la zona. Este se encuentra emplazado a unos cientos de metros del actual proyecto ferroviario, transformándose en una muy importante referencia. <sup>35</sup>

Este puente se empezó a construir en abril de 2012 por la empresa COPASA, otorgándole un plazo de 600 días, acordado en la licitación por un monto de \$35,8MM. Este debía estar listo a finales de 2013, sin embargo, las obras se retrasaron y en Julio de 2014 aún no estaban terminadas. Uno de los grandes problemas surgidos fue la oposición de la población Aurora, ubicada en la ribera norte del río <sup>36</sup>. En Julio de 2014 la inversión ascendía a \$36,4MM y se debió terminar el contrato con COPASA por la imposibilidad de seguir los trabajos <sup>37</sup>. En abril del año 2016 se reiniciaron las obras para dar término al proyecto, debiendo hacer una nueva licitación que fue ganada por BESALCO, por un monto de \$28MM y un nuevo plazo de 800 días, por lo que debería

---

<sup>34</sup> <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/ferrocarril/?wpdmdl=925>

<sup>35</sup>

<http://www.biobiochile.cl/lista/buscador?s=puente+bicentenario#/p?n=0&o=desc&r=all&cat=all&cont=no>

<sup>36</sup> <http://www.revistanos.cl/2015/06/la-historica-poblacion-aurora-de-chile-y-los-intentos-por-erradicarla-los-colonizadores-del-rio-bio-bio/>

<sup>37</sup> Informe de Inspección Técnica de Obra, Dirección de Vialidad, Región del Biobío. 9 de junio de 2014.

ser entregada a mediados de 2018. El nuevo monto contempla la construcción de 3 conjuntos habitacionales para reubicar a más de 200 familias que se estima costarán cerca de \$8MM.

Tras 2 años de retrasos y una nueva licitación, que contempla un nuevo diseño y cambios en el alcance del proyecto, El Puente Bicentenario presenta retrasos de más del 100% y sobrecostos por cerca de un 80%, totalizando un monto cercano a los \$65MM.

La toma Aurora cuenta ya con más de 80 años y se considera histórica en la zona. Al tomar conocimiento del nuevo puente, ellos armaron una férrea oposición al proyecto, pues ellos deberían ser reubicados para que se pueda completar. El grave error cometido por el MOP en ese entonces fue no haber consultado y preparado un trabajo conjunto con las comunidades que deberían ser reubicadas, pues nunca se les preguntó y se pensó que simplemente podrían pasar por encima de ellos.

EFE ha tomado una fuerte consideración y conciencia respecto a las comunidades y los problemas que estas generaron en los proyectos aledaños para evitar que ocurran en su proyecto<sup>38</sup><sup>39</sup><sup>40</sup>. Sin embargo, como se señaló en la sección 8.3.2, no se presentan mayores avances en esta materia. No basta con tener consideración de los problemas que se pueden materializar. Una vez que se identifican los problemas se deben tomar medidas de control y acción para prevenir mayores riesgos en el proyecto.

## 8.5 Inclusión del sesgo

El proyecto Puente Biobío considera la construcción de un puente, túnel y vías. De acuerdo a las recomendaciones del marco conceptual, se debe analizar los sobre costos por partida, es decir, por unidad de construcción.

Considerando el extenso análisis hecho para develar posibles causas de sesgo y de tergiversación estratégica se puede concluir que tanto EFE como el proyecto puente en particular presentan motivos para afirmar la hipótesis planteada para aplicar la metodología descrita. A continuación, se aplicará considerando los sesgos para cada partida en particular.

Como se mostró en la Tabla 4, la inversión se subdivide como sigue:

---

<sup>38</sup> <http://www.cooperativa.cl/noticias/pais/obras-publicas/se-reanudaron-las-obras-para-terminar-el-puente-chacabuco-en-concepcion/2016-04-22/224358.html>

<sup>39</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_Chacabuco](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Chacabuco)

<sup>40</sup> <http://www.diarioconcepcion.cl/?q=content/vecinos-cuestionan-plan-para-erradicar-aurora-de-chile>

<b>Concepto</b>	<b>Valorización US\$</b>
<b>Estudios</b>	<b>24.327.768</b>
<b>Construcción</b>	<b>90.400.121</b>
<i>Túnel</i>	9.633.310
<i>Puente</i>	37.146.295
<i>Sistemas Ferroviarios</i>	11.072.710
<i>Superestructura Vía Férrea</i>	8.194.161
<i>Electrificación, Señalización y Comunicaciones</i>	2.878.549
<i>Interferencias, Permisos, Cump. DIA, etc.</i>	17.000.000
<i>Expropiaciones</i>	1.114.172
<i>Impuestos</i>	14.433.633
<b>Total</b>	<b>114.727.890</b>

De manera muy sencilla, como se explica en la guía *Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning* [13], sólo se debe multiplicar cada ítem por el sesgo asignado a cada partida. Se realizará un análisis de sensibilidad de los costos y los principales indicadores del proyecto.

La ausencia de datos en Chile no permite crear una base de datos estadísticamente significativa, por lo que se utilizará los datos internacionales mencionados en el marco conceptual. Ya que los proyectos en dicha base son mayoritariamente de países desarrollados, se estima que para Chile el sesgo debiera ser de al menos lo que mostró, pues estos países cuentan con amplia experiencia desarrollando este tipo de proyectos. Por otro lado, el desempeño de las obras del puente Chacabuco se consideran como una referencia importante debido al emplazamiento y la experiencia construyendo en el lecho del mismo río. Se debe ser cauto y tomar en consideración lo ocurrido con las comunidades, planificar adecuadamente y evitar la ocurrencia de cambios de alcance a medida que se avanza.

De acuerdo a la Tabla 10, se decidió aplicar el *uplift* del percentil más alto a cada partida debido a tres razones: en primer lugar, en el apartado anterior se hizo un extenso análisis sobre el bajo monitoreo de los riesgos que presenta el proyecto. De acuerdo a lo conversado con la gerencia de planificación y de estudios, EFE no está en condiciones de gastar más recursos de los que tiene asignada, pues el presupuesto nacional se ha ido ajustando y a otros proyectos de EFE ya se les han restado recursos, por lo que no se está dispuesto a asumir un alto nivel de incertidumbre en la evaluación de los costos;

En segundo lugar, no existe un nivel de transparencia adecuado a nivel organizacional, pues entre las áreas no hay un ambiente de confianza. El proyecto ha debido cambiar de gerencia, trasladándose a Concepción. No se sabe con mucha certeza el desarrollo del proyecto ni los trabajos realizados allí, además se acuerdo al área de riesgos “*se ha dejado de monitorear*”. La etapa de licitación de la ingeniería de detalle se encuentra retrasada en más de 1 año y aún no hay avances concretos. La información entre las partes involucradas en el proyecto se trabaja de manera independiente y hay muy poco trabajo conjunto, como el caso del Departamento de Medio Ambiente mencionado anteriormente, lo que revela conflicto al interior de la empresa;

En tercer lugar, la poca experiencia de Chile para el desarrollo de grandes proyectos ferroviarios, lo que implica un mayor nivel de riesgos.

Así el resultado para cada partida queda expresado de la siguiente manera:

$$C_f = C_i * (1 + uplift(\%))$$

donde  $C_f$  es el costo final de cada partida,  $C_i$  es el costo estimado

En el caso del Túnel, el resultado sería el siguiente:

$$C_f \text{ túnel} = 9.633.310 * (1 + 83\%)$$

$$C_f \text{ túnel} = 17.628.957$$

Procediendo análogamente para las otras partidas se obtiene los siguientes resultados para la inversión total:

Tabla 18: Valorización del proyecto por partida RFC<sup>41</sup>

Concepto	Valorización US\$	Uplift	Nueva Valorización
<b>Estudios</b>	<b>24.327.768</b>		<b>24.327.768</b>
<b>Construcción</b>	<b>90.400.121</b>		<b>146.660.524</b>
<i>Túnel</i>	9.633.310	83%	17.628.957
<i>Puente</i>	37.146.295	83%	67.977.720
<i>Sistemas Ferroviarios</i>	11.072.710		
<i>Superestructura Vía Férrea</i>	8.194.161	68%	13.766.190
<i>Electrificación, Señalización y</i>	2.878.549	68%	4.835.962
<i>Comunicaciones</i>			
<i>Interferencias, Permisos, Cumplimiento</i>	17.000.000		17.000.000
<i>DIA (o EIA), etc.</i>			
<i>Expropiaciones</i>	1.114.172		1.114.172
<i>Impuestos</i>	14.433.633		23.241.370
<b>Total</b>	<b>114.727.890</b>		<b>169.892.140</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el nivel de inversión aumenta a cerca de USD 170 millones, siendo el total 48.1% más alto de lo presupuestado inicialmente.

Tanto túneles y puentes están dentro de la misma categoría, por lo que la construcción el *Uplift* aplicado en ambos casos es el mismo. En el caso de los sistemas ferroviarios, dentro de la estimación del presupuesto están todas las componentes necesarias para la construcción de una línea de tren convencional, por lo que el *Uplift* aplicado pertenece a esa categoría, en esto se

<sup>41</sup> RFC: Reference Class Forecast

consideran los rieles, durmientes, desviadores, balasto, electrificación de la vía, señalización (señales de la vía, de estaciones, circuitos de vía, cajas terminales, cables y empalmes, etc.). Ver Tabla 40 en anexos.

Con esta inversión, se procede a calcular el flujo proyectado y los nuevos indicadores para evaluar la rentabilidad del proyecto, obteniéndose los resultados que se presentan a continuación:

Tabla 19: Flujo Proyectado RFC, en millones de dólares

<b>Año</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
Inversión	-40.79	-67.91	-27.18						
Beneficios				25,52	34,0	34,73	35,43	36,13	36,84
Mantenimiento			-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28
Flujo de caja	-40,77	-67,96	-27,47	25,24	33,76	34,45	35,14	35,85	36,56
<b>Año</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>
Inversión									
Beneficios	37,56	38,28	39,02	39,76	40,50	41,26	42,02	42,7	43,57
Mantenimiento	-0,28	-0,28	-0,28	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Flujo de caja	37,27	38,00	38,73	39,43	40,18	40,93	41,70	42,47	43,24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Indicadores RFC

<b>Indicadores</b>	<b>Estimación inicial</b>	<b>Estimación RFC</b>	<b>Delta</b>
Inversión Social [MMUSD]	91,80	135,91	48,1%
VAN [MMUSD]	215,3	175,7	-22,5%
TIR	26,98%	19,27%	-7,71%

Fuente: Elaboración propia

Luego de aplicar el *Uplift* a la inversión del proyecto se puede evidenciar que éste sigue siendo aceptable dentro de los rangos establecidos por el MDS donde se usa una tasa de descuento de 6%. Sin embargo, existe un notorio cambio en la evaluación. Si bien el proyecto sigue siendo rentable, la tasa interna de retorno disminuye 7.71%, porcentaje no menor. El principal significado de eso está en el costo de oportunidad de capital, que sea hace cada vez mayor a medida que aumentan los sesgos de los proyectos, pues el periodo de recuperación de capital es mayor por el aumento de los costos. Además, al reducir la incertidumbre de los cotos, la variabilidad de la TIR es menor, por lo que el nivel de riesgo disminuye.

Si bien el proyecto en términos de VAN social es menos deseable, no quiere decir que el proyecto no se debiese llevar adelante, aunque hubiese aumentado una mayor magnitud el sobre costo. Más bien lo que se quiere demostrar con este resultado es que se puede conseguir cifras que pueden mostrar mayor realismo evitando sesgos que han sido demostrados internacionalmente y transversalmente entre distintos países con diferentes realidades y características. Esto permite finalmente mejorar la asignación de recursos del estado y poder ser más eficientes en el análisis de los proyectos utilizando información de bajo costo y además aprovechando la experiencia de otros.

A modo de ejercicio se realizó también un análisis del valor del proyecto teniendo en cuenta un proyecto “promedio”, es decir, aplicando un *uplift* del percentil 50 para poder saber qué tan lejos se encuentran los pronósticos de la media.

Los resultados muestran lo siguiente:

Tabla 21: Indicadores RFC percentil 50

<b>Indicadores</b>	<b>Estimación inicial</b>	<b>Estimación RFC</b>	<b>Delta</b>
Inversión Social [MMUSD]	91,80	106,24	15,75%
VAN [MMUSD]	215,3	202,33	-6,02%
TIR	26,98%	23,9	-11,27%

Fuente: Elaboración propia

Este escenario sitúa al proyecto en el centro de la distribución, o equivalentemente en el escenario más probable de ocurrir. Las cifras calculadas muestran aun aumento no menor en la inversión del proyecto, del orden de un 16%, lo que entrega una disminución de 6% en el valor presente de los flujos proyectados.

## 8.6 Análisis de confianza

De acuerdo a los resultados obtenidos se procederá a realizar un análisis de confianza de las cifras para estimar la desviación de estos.

La metodología que se utilizará para esto está basada en el método de VaR, o Valor en Riesgo, muy utilizado en finanzas para medir pérdidas potenciales con una determinada probabilidad de ocurrencia.

La pérdida será definida como el impacto o desviación del valor fundamental, que en este caso será la desviación del VAN del proyecto, producto de un factor de riesgo. En el caso de este análisis se definirán tres factores de riesgo asociados al proyecto Puente Biobío y sus respectivos percentiles para poder determinar la probabilidad de ocurrencia: i) Túneles y Puentes, ii) Trenes, y iii) el ítem de Interferencias, Permisos y Cumplimiento de la DIA (ver Tabla 18).

Los *uplift* para cada percentil son los siguientes:

Tabla 22: Percentiles y *uplifts*

<b>Percentil</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>99</b>
<b>T y P</b>	23%	26%	34%	55%	70%	83%	110%	120%
<b>Tren</b>	40%	45%	51%	57%	62%	68%	75%	80%
<i>Uplift</i> <b>Interferencias, permisos, cump. DIA, etc</b>	20%	40%	60%	80%	85%	90%	95%	100%

Fuente: Elaboración propia y resultados de los estudios exhibidos anteriormente

En el caso del tercer factor de riesgo, los *uplift* fueron asignados de manera lineal y de acuerdo a criterio del autor como supuesto para realizar el ejercicio planteado. Sin embargo, dados los antecedentes respecto a la relevancia de obtener los permisos y de realizar los estudios ambientales adecuadamente, se estima que es un factor de riesgo relevante para la ejecución del proyecto para evitar tanto sobrecosto como retrasos.

En primer lugar, se definirá el impacto promedio de cada factor de riesgo como la desviación del valor fundamental, o *VAN* de la “situación base”, del percentil 50, suponiendo que el percentil 50 y el valor esperado son muy similares lo que obviamente es una aproximación razonable:

$$\bar{I}_i = VAN_{sb} - VAN_i^{50}$$

donde  $\bar{I}_i$  es el impacto promedio del factor de riesgo  $i$  en millones de dólares,  $VAN_{sb}$  es el *VAN* de la situación base, y  $VAN_i^{50}$  es el *VAN* del proyecto con la aplicación del *uplift* del percentil 50 del factor de riesgo  $i$ . En otras palabras, este valor se puede denominar como la “pérdida esperada” de cada factor de riesgo.

Se calcula el valor de la inversión final, en millones de dólares, para poder obtener el valor del *VAN* en cada situación:

Tabla 23: Factores de riesgo percentil 50

<b>Factor de riesgo <math>i</math></b>	<b><i>Uplift</i> 50%</b>	<b>Inversión</b>	<b><math>VAN_i^{50}</math></b>	<b><math>\bar{I}_i</math></b>
<b>Situación Base</b>	0%	91,78	215,28	0,00
<b>Túneles y Puentes (T y P)</b>	23%	127,53	206,11	9,18
<b>Trenes</b>	40%	96,00	211,50	3,78
<b>Int., permisos, DIA</b>	20%	118,77	212,38	2,90

Fuente: Elaboración propia

De manera análoga, se hizo el mismo ejercicio entre los valores del *VAN* del percentil 50 y de los valores del percentil 95,

$$I_i = VA_i^{50} - VA_i^{95}$$

donde  $VA_i^{95}$  es el *VAN* del proyecto aplicando un *uplift* del percentil 95 a cada factor de riesgo  $i$ .

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 24: Factores de riesgo percentil 95

Factor de riesgo $i$	<i>Up 50</i>	Inv.	$VAN_i^{50}$	$\bar{I}_i$	<i>Up 95</i>	$VAN_i^{95}$	Inv.	$I_i$
<b>Situación Base</b>	0%	91,78	215,28	0,00	0%	215,28	91,78	0,00
<b>Túneles y Puentes</b>	23%	127,53	206,11	9,18	110%	171,39	140,77	34,71
<b>Trenes</b>	40%	96,00	211,50	3,78	75%	208,20	99,69	3,31
<b>Int., permisos, DIA</b>	20%	118,77	212,38	2,90	95%	201,51	107,16	10,87
<b>Total de riesgos</b>		109,48	199,43	15,85		150,53	164,05	48,89
			Pérdida Esperada				Pérdida Inesperada	

Fuente: Elaboración propia

El nuevo valor  $I_i$  representa la “pérdida inesperada” de cada factor de riesgo.

A continuación, se calculará la desviación de los impactos de los factores de riesgo, para lo que se supondrá que presentan una distribución normal con media en el percentil 50.

De manera muy sencilla y utilizando la tabla de la distribución Normal (0;1) (ver Tabla 41), la desviación a un 95% de confianza de cada impacto se calcula como:

$$\sigma_i = \frac{I_i}{1,64}$$

donde  $\sigma_i$  es la desviación del factor  $i$ , 1,64 representa el valor al 95% de confianza de la distribución  $N(0; 1)$ .

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 25: Desviación de los factores de riesgo al 95% de confianza

Factor de riesgo $i$	$\sigma_i$ (MMUSD)
<b>Situación Base</b>	0
<b>Túneles y Puentes</b>	21,166
<b>Trenes</b>	2,016
<b>Int., permisos, DIA</b>	6,631

Fuente: Elaboración propia

Como era de esperar, el factor con mayor desviación de la media son los puentes y túneles. En los estudios presentados en este informe, tal como se mencionó anteriormente, el factor de riesgo con mayores *uplift* eran los *links*, que, de igual manera, son los que presentan mayor incertidumbre en cuánto a sus resultados.

Sin embargo, y a pesar de no contar con información, el ítem de permisos, interferencia y estudios bajo los supuestos tomados parece ser relevante y con un impacto no menor en el resultado final de los riesgos, sin dejar de mencionar que este ítem dentro de la evaluación cuenta con más del 10% de la inversión (ver Tabla 18).

Con estos resultados se calculará a continuación una desviación conjunta de estos tres factores de riesgos, para lo que se evitará suponer independencia entre estos. Esto sugiere que debe existir correlación, se supondrá entonces, una matriz de correlación  $\Omega$  entre los factores de riesgo, la que se muestra a continuación:

Tabla 26: Matriz de correlación

$\rho_{ij}$	<b>T y P</b>	<b>Trenes</b>	<b>DIA</b>
<b>T y P</b>	1	0,6	0,9
<b>Trenes</b>	0,6	1	0,9
<b>DIA</b>	0,9	0,9	1

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las suposiciones para estas correlaciones se consideró que existe una fuerte dependencia entre los permisos y estudios de impacto ambiental (DIA) y los resultados en las otras partidas. Por otro lado, entre túneles y puentes y trenes se consideró una correlación media alta.

La varianza total de los factores de riesgo se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma_{Total}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \left\{ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} \quad \forall i \neq j \right\}$$

Donde  $\rho_{ij}$  es el factor de correlación entre los factores  $i$  y  $j$ .

Con esto, la desviación estándar de la pérdida queda expresado de la siguiente manera:

$$\sigma_{Total} = \sqrt{\sigma_{Total}^2}$$

El resultado es, en millones de dólares,

$$\sigma_{Total} = 28,7$$

El valor de la mínima pérdida al 95% de confianza asumiendo una distribución normal de las pérdidas:

$$I_{50}^e = 1,64 * \sigma_{Total}$$

$$I_{50}^e = 1,64 * 28,7 = 47,08$$

Esta cifra no es menor, pues representa una desviación de cerca del 25% respecto del valor más probable del percentil 50.

La contribución de cada factor al valor de la mínima pérdida, o *VaR*, se descompone como sigue:

Tabla 27: Contribución al *VaR* de cada factor<sup>42</sup>

<b>Factor de riesgo i</b>	<b>Contribución al VaR</b>
<b>Túneles y Puentes</b>	73%
<b>Trenes</b>	5%
<b>Int., permisos, DIA</b>	22%
<b>Conjunto de riesgos</b>	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los puentes y túneles son las partidas que más aportan al valor en riesgo del proyecto. Sin embargo, y a pesar que los sesgos en el ítem de interferencias, permisos y cumplimiento de DIA, entre otros, fueron elaborados por el autor del presente trabajo, la contribución de estos parece ser muy relevante.

Los principales resultados se resumen en la tabla a continuación.

Tabla 28: Resultados del análisis

	<b><i>VAN<sub>sb</sub></i></b>	<b><i>VAN<sup>50</sup></i></b>	<b><i>VAN 95% de confianza</i></b>
VAN	215,28	199,43	152,353
$\Delta$		15,85	62,93
%		7,4%	29,2%
TIR	26,98%	23,9%	16,6%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el *VAN* del percentil 50 es un 7,4% menor que el resultado de la evaluación hecha por EFE (*VAN<sub>sb</sub>*), cifra que representa el valor más probable de la pérdida. Sin embargo, el resultado puede ser aún peor si se considera el valor en riesgo del proyecto debido a pérdidas inesperadas, llegando hasta un 29% menos que el valor original (o equivalentemente 24% respecto del valor más probable, o *VA<sup>50</sup>*) y cerca de USD \$63 millones de sobrecostos. Además, la TIR presenta una notable disminución, desde un 27% del escenario base hasta un 16,6% en el escenario más probable al 95% de confianza.

Si bien los resultados obtenidos no son los mejores debido a la carencia de datos, con el análisis realizado se sientan las bases para generar la discusión sobre la manera en que se está

<sup>42</sup> Para mayores detalles sobre el cálculo revisar apuntes de curso de Finanzas II del profesor José Miguel Cruz

trabajando y realizando la evaluación de proyectos. La evidencia internacional muestra que, transversalmente a lo largo del tiempo y en distintos lugares del mundo, los sobrecostos en proyectos de infraestructura de transporte -especialmente en ferrocarriles y puentes y túneles- son la regla más que la excepción, por lo que se debe ser crítico al momento de tomar decisiones con la información disponible.

Mediante el análisis de los datos se puede entregar rangos dentro de los que se puede situar el proyecto en términos de costos, plazos, beneficios y otras variables, pero predecir los resultados es imposible. Lo importante es que se puede mejorar. La escasez de recursos obliga a la asignación de estos a los mejores proyectos para poder beneficiar a la mayor cantidad de personas posible con bienes y servicios públicos de calidad, y en ese sentido, se debe ser conscientes de la manera en que se realiza la asignación para evitar malgastarlos.

EFE, como empresa pública debiese prestar especial atención a potenciales mejoras en la forma en que se asignan los recursos. Una manera de hacerlo, es empezar desde ya a estandarizar la manera en que se evalúan los proyectos, preocupándose de la sistematización de los datos y de facilitar el trabajo a que permita una adecuada gestión de los riesgos a futuro.

## 9 RECOMENDACIONES

Dentro de la literatura, se sugieren curas para los problemas descritos en este trabajo y que deben enfrentar las empresas públicas. En particular se hizo referencia a estas medidas en la sección 7.5.

En primer lugar, dentro de las recomendaciones más importantes hechas en la literatura se encuentra la correcta elección del equipo encargado de manejar el proyecto. Como base a la solución de todos los problemas se encuentra la experiencia, pues de ahí nace el entendimiento de los riesgos y problemas.

En segundo lugar, se sugiere mejorar la metodología de control de riesgos actual de EFE, preocupándose de poder cumplir con un continuo monitoreo y control de los riesgos levantados y evitar que el proceso de identificación se haga en vano, pues mediante este mecanismo se puede reducir la incertidumbre de eventos que pueden derivar en problemas mayores, afectando la totalidad del proyecto.

Junto con esto se sugiere agrupar los riesgos por áreas para poder asignar responsabilidades agregando los riesgos más importantes. En esta misma línea, es importante contar con una planificación de riesgos donde participen todas las áreas involucradas en proyectos, por lo que se sugiere que en las etapas más tempranas se realicen reuniones donde participen los principales agentes haciendo un levantamiento preliminar con los principales riesgos y asignar responsabilidades. El *PMBOK* así lo sugiere, y esto mejora y amplía la visión de los proyectos evitando encerrarse aún más en los problemas internos.

En tercer lugar, si lo que se quiere es disminuir el nivel de incertidumbre y evitar tomar decisiones con más riesgo de lo deseado, la metodología de *Reference Class Forecasting* es una primera aproximación que pretende solucionar esto de manera sencilla. Lo mejor para una empresa que recién empieza a ejecutar sus primeros proyectos como EFE sería sistematizar la información y data que se crea con los nuevos proyectos en ejecución y aprovecharla para los proyectos en cartera.

Según los autores del método [11], éste tiene mayor utilidad en áreas donde la empresa no tiene experiencia. Es el caso de EFE con el proyecto presentado previamente, pues ha pasado mucho tiempo sin desarrollar proyectos de infraestructura de cualquier tipo. De acuerdo a los últimos resultados obtenidos, la empresa parece ser inmadura en la ejecución de proyectos, evidenciándose problemas su evaluación de la misma índole que los descritos por los autores.

Una de las maneras más comunes de tomar riesgos es diversificando, lo que es muy común en finanzas. De esta manera, siguiendo las recomendaciones expuestas en la metodología de pronósticos en base a clases de referencia, los percentiles de los *uplifts* más bajos son para aquellos inversionistas que desean tomar un riesgo mayor en el presupuesto. En el caso de que exista un portafolio de proyectos en los cuales se va a invertir, se podría asumir más riesgos sobre determinados proyectos y menos en otros, diversificando las probabilidades de sobrecostos. Por ejemplo, en el caso de que una misma empresa desee construir una carretera y un puente, podría diversificar los sobrecostos entre ambos proyectos. Suponiendo que no cuenta con un contratista adecuado para construir el puente por falta de experiencia, puede asignar mayores probabilidades

de sobre costos y por lo tanto un mayor *uplift*, mientras que para el caso de la carretera mantener las probabilidades bajas debido a que es un trabajo mucho más simple.

Además, se sugiere elaborar el presupuesto de los proyectos con un ítem de imprevistos para posibles cambios de alcance en el proyecto, pues es usual y muy común que esto suceda. Esto ayudará también a podrá cubrir costos extras a los que se deba incurrir por distintos eventos que se materialicen de imprevistos. El monto dependerá del tamaño y complejidad del proyecto junto con la incertidumbre que exista en torno al escenario de desarrollo del proyecto, por lo que se deja a criterio de quienes evalúan los posibles resultados.

De acuerdo a experiencias anteriores con el uso de RFC, como en Hong Kong para caminos, donde Bent Flyvbjerg *et al* [21] después de una larga fase de estudio y recolección de data, dan cuenta que aplicando la metodología en una selección de 14 proyectos con sobrecostos se podría haber evitado o prever el alza de costos. Dentro de sus principales recomendaciones y conclusiones se encuentran:

- Estandarizar la manera en que se almacena la información y se analizan los proyectos en sus etapas más tempranas para poder completar una base de datos con el objetivo de poder utilizar la información para la implementación de RFC. Sin un esfuerzo muy grande se podrían obtener grandes resultados.
- Se recomienda hacer uso eficiente de la data que se genera en el desarrollo de los proyectos para mejorar los controles y monitoreo sobre los mismos. Llevar a cabo esto de manera interna, permitiendo el posterior uso de la metodología.
- El uso de esta metodología les reveló las principales falencias dentro de los proyectos y la manera en que se toman las decisiones.
- El uso de RFC les permitió entregar resultados de-sesgados en términos de pronósticos de costos y horizontes de planificación.

De la mano con lo anterior, se sugiere aplicar *uplifts* menores en caso en que los pronosticadores o planificadores tengan vasta experiencia y estén convencidos de que tienen mejores resultados que los históricos. Y de la misma manera, si la experiencia sugiere lo contrario, entonces se debiesen aplicar *uplift* mayores para compensar.

En cuarto lugar, se sugiere adoptar auditorías externas de gestión y control de gastos e inspecciones técnicas de obras para todos los proyectos, en lo posible con el uso de boletas de garantía para todos los actores involucrados. Con esta medida se puede mejorar los controles de egresos y de pagos, responsabilizando a quienes se desvíen de su tarea con garantías. Esta medida puede ayudar a eliminar los sesgos por problemas de transparencia, pues si existen problemas, se podrá multar a quienes se estén desviando de los intereses del proyecto.

Un punto importante a revisar es el financiamiento, que a la fecha se realiza mediante fondos públicos y con deuda bancaria. La ley por la que se rige EFE<sup>43</sup> permite implementar concesiones bajo determinados aspectos, por lo que es relevante considerar alternativas para el

---

<sup>43</sup> <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=29449>

financiamiento, como la incorporación de privados en el financiamiento o en la elaboración del proyecto. En Inglaterra, uno de los países más importantes en términos de desarrollo ferroviario, la totalidad de éstos son realizados en PFI, por sus siglas en inglés, *Private Finance Initiatives*, donde el sector privado financia y provee un servicio público que puede ser desde la construcción a mantención y operación, y luego son pagados por la autoridad.

En EFE ya se ha planteado anteriormente la implementación de concesiones para la construcción de las líneas. El año 2016 el Presidente de la empresa afirmó que los reajustes del presupuesto obligan a considerar la medida<sup>44</sup>. No está claro aún qué servicios se piensan concesionar, pero lo que sí es evidente, es que se está buscando alternativas que permitan impulsar los proyectos ferroviarios y dar más inclusión a las comunas más alejadas.

Una manera igualmente interesante de poder mejorar, es elaborando un financiamiento mixto entre privados y el sector público. Con esta medida, los privados pueden participar de los proyectos públicos transformándose en accionistas de los proyectos, por lo tanto, con derecho a recibir beneficios futuros y también tomar decisiones y aportar conocimiento a los proyectos, que es lo más importante. Es importante recalcar que la incorporación de capital de riesgo en los proyectos no significa que el gobierno entregue el proyecto o reduzca el control sobre este. Por el contrario, este entraría a jugar el papel que de verdad importa: garantizar la seguridad, mejorar los problemas medioambientales, gestionar el riesgo y dar un uso correcto a los fondos públicos.

Además, como se mencionó en la sección 7.5.1 la participación de los gobiernos regionales y/o de las filiales regionales con responsabilidad financiera puede mejorar la manera en que los actores del proyecto alinean sus objetivos con los resultados obtenidos. En ese sentido es importante que se generen vínculos e identificación con el proyecto por parte de todos quienes participan en la construcción desde todas sus fases.

En el caso particular del proyecto puente y dados los antecedentes de la zona, se recomienda tener especial cuidado con involucramiento de las comunidades cercanas y que se verán afectadas y beneficiadas con el proyecto. La creación de valor compartido entre quienes desarrollan el proyecto y quiénes serán sus futuros usuarios es la clave del éxito y la mejor manera de evitar futuros problemas. Se debe buscar una oportunidad en el desarrollo conjunto que permita una participación temprana para superar los mayores obstáculos.

Para medir los resultados de los proyectos es necesario que se realicen evaluaciones post implementación y puesta en marcha, donde los equipos que trabajaron en el proyecto reconozcan sus debilidades y oportunidades de aprendizaje. Una buena manera de avanzar en mejorar la forma en que se trabaja y aproximarse al método y mejoras que propone el método de pronósticos en base a clases de referencia es influenciar en la cultura empresarial de EFE. Crear y fomentar un ambiente de aprendizaje y crítica sobre los proyectos que se desarrollen para evitar caer en los mismos errores del pasado y poder sobreponerse de mejor manera a las eventualidades que enfrente la empresa es una buena manera de poder internalizar los errores. La planificación debe ser abierta y comunicativa, participativa y democrática y por medio del razonamiento.

---

<sup>44</sup> <http://www.latercera.com/noticia/efe-se-abre-a-concesion-de-trenes-a-melipilla-y-batuco-para-financiar-obras/>

Que los problemas pasados sean internalizados y se genere una retroalimentación dentro de los actores de la empresa es la clave para minimizar los problemas de falsa ilusión de éxito. Por otro lado, los problemas de tergiversación, ocurren por desalineamiento de incentivos entre el agente y principal, y como se recomendó en el marco conceptual, entregar incentivos monetarios a quienes realicen los pronósticos puede ser una buena medida para solucionarlo.

Con medidas de bajo costo es posible lograr grandes cambios y mejoras, pero para esto se debe ser críticos de sí mismo y ser capaces de reconocer los errores de cada uno.

## 9.1 Cuidados con el método Reference Class Forecasting

El método RFC no está exento de problemas, y el más importante de considerar al momento de realizar pronósticos con él, es la reintroducción de sesgo.

Los proyectos no pueden quedar libre de sesgos, pues siempre existirá asimetrías de información entre quienes realizan la evaluación y terceros, o problemas de incentivos entre los actores involucrados. Es por esto mismo que se debe tener precaución con los sesgos y la evaluación que se realiza.

La aplicación de los *uplift* por sesgo puede reintroducir un riesgo en el problema moral del P-A entre el Ministerio de Transporte y la organización (EFE). Un ejemplo de esto sería el caso en que la organización se aproveche y se pidan más recursos de los necesarios para el proyecto, creando incentivos a un mal uso de la plata.

Otro grave problema que ocurre cuando los pronosticadores utilizan este método, es que cuando se realicen las estimaciones pertinentes, se corre el riesgo de alejarse de los principios básicos y que se vuelva gradualmente a las prácticas convencionales de pronósticos en las que se enfoque mucho en los detalles de los proyectos que se encuentran a mano e intentando predecir eventos específicos que influenciarán el curso del proyecto. Para hacer buenos pronósticos no es necesario enfocarse en los detalles, más bien saber identificar los factores críticos de éxito, aprendiendo de los que nos muestran proyectos similares, y a partir de estos poder entender y predecir lo que ocurrirá.

Existen barreras enunciadas al método de RFC [8]. Por ejemplo, supongamos que en un país con varias ciudades existe competencia por los fondos para financiar proyectos, con una alta posibilidad de tergiversación de la información para poder obtener los recursos. En esta situación, cuando solo una de las ciudades está intentando transparentar sus resultados con el uso de RFC se corre el riesgo de ser la única sin fondos. De esta manera, para que funcione el método se debe lograr poner de acuerdo a todos los actores involucrados que compitan por los fondos. Una forma de superar esto sería premiar aquellas ciudades que estimen mejor los resultados de sus proyectos.

Otro argumento que se puede usar en contra de RFC es que el uso de este método puede crear ineficiencias por un gasto mayor del adecuado por contar con más recursos. Esto se puede solucionar con el uso de contratos fuertes y manteniendo incentivos para que haya un control adecuado en el uso de los recursos.

## 10 CONCLUSIONES

Cuando a políticas públicas se refiere, es importante ser preciso en la asignación de los recursos. El intento de los gobiernos para proveer bienes públicos de calidad invirtiendo en soluciones de infraestructura en pos de aumentar el crecimiento económico debe ir de la mano con una correcta evolución de proyectos, intentando proveer de la mejor y más eficiente asignación de los recursos posible. Para esto, es necesario tener una proyección estratégica que alinee los objetivos para conseguir los mejores resultados, pero sin nunca dejar de lado la toma de decisiones informada.

Es importante ser críticos al momento de tomar las decisiones, pues estudios muestran que la falta de transparencia y las asimetrías de información pueden llevar al fracaso, derivando en proyecto mal ejecutados y en la realización de proyectos que nunca debieron ser ejecutados. Los sobrecostos y la subestimación de beneficios parece ser la regla más que la excepción.

El aprendizaje es la solución los problemas, por lo que se debe generar un ambiente y cultura que así lo permitan. La experiencia de todos es muy importante, por lo que se deben generar as oportunidades de retroalimentación para que no vuelvan a ocurrir los mismos errores. Lo que se aprende carece de valor comparado con lo que se ignora, pues los riesgos de lo ignorado pueden desenlazar en el fracaso de los proyectos.

En el presente trabajo se presenta una manera crítica de mirar las estimaciones realizadas al momento de tomar las decisiones y que de una u otra manera ayudar a eliminar los sesgos intrínsecos a todas las organizaciones, ya sea por problemas de ilusiones optimistas o tergiversación estratégica de los resultados para obtener los recursos necesarios para obtener financiamiento frente a otros proyectos.

Si bien la metodología expuesta no soluciona los problemas, se espera que permita mejorar la toma de decisiones, aportando información y permitiendo una mejor asignación de los recursos. El principal aporte es entregar un nuevo enfoque para le evaluación de proyectos, destacando la importancia de tomar una mirada externa y sobrepasando los sesgos humanos y políticos, atacando directamente a los posibles resultados mediante el uso de clases de referencia, donde se evalúan proyectos de similares características y sus resultados situando al proyecto dentro de una distribución de posibles resultados.

Queda mucho por avanzar, Chile es un país en vías de desarrollo que recién empieza a modernizar su estructura ferroviaria, por lo que existe una gran oportunidad para hacer las cosas de la mejor manera. Se plantea para ello seguir las buenas recomendaciones y soluciones implementadas en otros países, por lo que es muy importante mantener el orden y transparencia dentro de las instituciones y ganar experiencia con el uso de buenas prácticas que eliminen la incertidumbre y que permitan tomar mejores decisiones. Es importante reconocer los errores para no volverlos a cometer.

“Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo”, Albert Einstein.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Flanagan y G. Norman, *Risk Management and Construction*, Blackwell Science, 1993.
- [2] B. Flyvbjerg, *Megaproject Policy and Planning: Problem, Causes, Cures*, 2007.
- [3] PMI, *PMBOOK 5ta Edición*, Project Management Institute.
- [4] D. Arditi, «Total Quality Management in the Construction Process,» *International Journal of Project Management*, vol. 15, 1997.
- [5] MDS, «Evaluación socioeconómica para proyectos de transporte ferroviario,» 2014.
- [6] Mott MacDonald, «Review of Large Public Procurement in the UK,» London: HM Treasury, 2002.
- [7] B. Flyvbjerg, M. S. Holm y S. Buhl, «How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?,» *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 2003.
- [8] B. Flyvbjerg, «Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning: Reference Class Forecasting in Practice,» *European Planning Studies*, 2008.
- [9] B. Flyvbjerg, S. Buhl y M. S. Holm, «How (In) accurate Are Demand Forecasts in Public Work Projects: The Case of Transportation,» *Journal of The American Planning Association*, 2005.
- [10] B. Flyvbjerg, «Design by Deception: The Politics of Megaproject Approval,» *Harvard Design Magazine*, 2005.
- [11] D. Kahnemann y D. Lovallo, «Delusions of Success,» *Harvard Business Review*, 2003.
- [12] B. Flyvbjerg, D. Lovallo y M. Garbuio, «Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects: Two Models for Explaining and Preventing Executive Disaster,» *University of California Press*, 2009.

- [13] B. Flyvbjerg y COWI, «Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning: Guidance Document,» The British Department of Transport, London, 2004.
- [14] B. Flyvbjerg, S. Buhl y M. S. Holm, «What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects?,» *Transport Reviews*, 2004.
- [15] B. Flyvbjerg, «From Nobel Prize to Project Management: Getting Risks Right,» *Project Management Journal*, vol. 3, pp. 5-15, 2006.
- [16] D. d. T. UK, «Consultation on Changes to the Policy on Funding Major Projects: Local Authority Major Schemes,» London, 2006a.
- [17] B. Flyvbjerg, N. Bruzelius y W. Rothengatter, *Mega Projects and Risk: An Anatomy of Ambition*, Cambridge University Press, 2003.
- [18] B. Flyvbjerg, M. S. Holm y S. Buhl, «Underestimating Costs in Public Work Projects: Error or Lie?,» *Journal of the American Planning Association*, 2002.
- [19] S. D. Suh, «Risk Management in a Large-scale New Railway Transport System Project,» 2000.
- [20] S. V. Salinas, «Gestión de Riesgos Asociados a un Proyecto de Construcción de un Edificio,» Universidad Politécnica de Cataluña, 2011.
- [21] B. Flyvbjerg, C.-k. Hong y W. H. Fok, «Reference Class Forecasting for Hong Kong's major roadworks projects,» 2016.
- [22] SNI, «Normas, Instrucciones y Procedimientos para el proceso de inversión pública (NIP),» Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/normas-instrucciones-y-procedimientos-inversion-publica-2016/?wpdmdl=838>.
- [23] EFE, «Manual de Gestión de Riesgos,» 2015.
- [24] EFE, «Sitio Web EFE,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.efc.cl/>.
- [25] EFE, «Memoria,» 2015.
- [26] MDS, «Manual de Evaluación Social de Proyectos,» 2015.
- [27] U. Federal Highway Administration, *Transportation Risk Management*, 2012.

- [28] S. MDS, «Metodología para evaluación socioeconómica de proyectos de transporte ferroviario,» 2014. [En línea]. Available: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/ferrocarril/?wpdmdl=925>.
- [29] B. Flyvbjerg, «Comparison of Capital Costs per Route-kilometre in Urban Rail,» 2008.
- [30] B. Flyvbjerg, «Big decisions, big risks,» *International Review of Administrative Sciences*, vol. 64, 1998.
- [31] DOT, Risk Assesment in Fixed Guideway Transit System Construction, 1994.
- [32] B. Flyvbjerg, *Megaprojects and Risk*, Cambridge University Press, 2003.

## 12 TABLAS

Tabla 29: Crecimiento de Pasajeros

**Crecimiento Pasajeros** (Miles de pasajeros)

Año	2012	2013	2014	2015	2016 E	2018 E	2025 E	
Merval	18.905	20.212	20.567	19.308	25.000	25.000	25.000	
Fesur	2.457	2.433	2.439	2.579	6.000	6.000	6.000	
Tren Central	8.116	5.980	2.304	1.363	13.500	20.000	23.000	
Nuevos Proyectos	0	0	0	0	0	25.000	44.000	
<b>Total</b>	<b>29.478</b>	<b>28.625</b>	<b>25.310</b>	<b>23.250</b>	<b>44.500</b>	<b>76.000</b>	<b>98.000</b>	
					<b>Crecimiento</b>	<b>91,40%</b>	<b>70,79%</b>	<b>28,95%</b>

Tabla 30: Crecimiento de Carga

**Crecimiento Carga** (Millones de toneladas)

Año	2012	2013	2014	2015	2016 E	2018 E	2025 E	
Agrícola	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	
Contenedor	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	2,5	3,2	
Forestal	4,5	4,7	4,9	4,9	5,1	7,1	8,5	
Industrial	2,1	1,9	2,0	1,9	2,0	3,5	4,4	
Minería	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	4,6	4,9	
Químico y Combustibles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	
<b>Total</b>	<b>10,3</b>	<b>10,4</b>	<b>10,6</b>	<b>10,5</b>	<b>11,2</b>	<b>18,8</b>	<b>22,3</b>	
					<b>Crecimiento</b>	<b>6,67%</b>	<b>67,86%</b>	<b>18,62%</b>

Tabla 31: Oferta de vías férreas y participación de mercado

Empresa	Longitud de red (km)	Nivel de actividad 2012		Indicador de utilización de la infraestructura [Mton/km]
		Tonelaje transportado [MMton/año]	Participación	
<b>Vías: EFE</b>		8,0 Fepasa		
<b>Servicios: Fepasa y Transap</b>	2.140	3,5 Transap		5,3
<b>TOTAL RED CENTRO-SUR</b>	2.140	11,5	5,7%	5,3
<b>Ferromor</b>	2.300 <sup>3</sup>	7,0		3,0
<b>Ferrocarril Antofagasta - Bolivia, (FCAB)</b>	555	5,0		9,0
<b>Compañía Minera del Pacífico CMP, (Romeral), servicio privado</b>	38	2,5		52,6
<b>Sociedad química y minera, SQM (Tocopilla), servicio privado</b>	127	2,0		15,7
<b>TOTAL RED NORTE</b>	1.120	16,5	17,4%	14,7

\*nota: donde no se indique lo contrario, los servicios ofrecidos son públicos, las empresas son privadas y la operación de servicios y propiedad de vías es única. Datos de tonelaje y longitud reportados por empresas ferroviarias.

- 1 Análisis en curso por parte de MTT, que siguen una metodología basada en matrices insumo-producto generadas por el Banco Central. Totales para macrozona centro-sur y macrozona norte son 203 y 97 millones de toneladas, respectivamente.
- 2 Actualmente, la oferta de transporte ferroviario la conforman 5.622 [km] de vías que son operadas por empresas públicas y privadas, que además pueden tener carácter de uso público (ofrece servicios a terceros) o de uso privado (realiza el transporte de cargas generadas por la misma empresa). La Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE) participa en el transporte de cargas en conjunto con empresas privadas (Fepasa y Transap). EFE provee a estas empresas de infraestructura (derecho de uso de vías, comunicaciones, señalización, mantenimiento) cobrándoles de acuerdo a una estructura de peajes predefinida contractualmente (canon de acceso, peaje fijo y peaje variable).
- 3 Ferromor tiene en propiedad 2.300 [km] de líneas en distinto grado de deterioro (algunos tramos sólo faja vía), pero 400 [km] se encuentran operativos.

Fuente: Plan de impulso a la carga ferroviaria, MTT 2013

Tabla 32: Flujo de Trozas transportadas por tren, 2014

<b>Estación Origen</b>	<b>Estación Destino</b>	<b>Flujo [miles de ton]</b>	<b>Distancia Recorrida [Km]</b>	<b>miles de Ton-Km</b>
Molina	Nacimiento	10	344	3440
Escuadrón	Nueva Aldea	10	195	1950
Horcones	Nueva Aldea	131	227	29737
Inspector Fernández	Nueva Aldea	63	226	14238
Inspector Fernández	Lirquen	2	211	422
Inspector Fernández	Horcones	6	244	1464
Inspector Fernández	Mariquina	39	185	7215
Lautaro	Arenal	5	246	1230
Lautaro	Nacimiento	61	128	7808
Pillanlelbun	Arenal	25	259	6475
Pitrufoquen	Nueva Aldea	1	325	325
Pitrufoquen	Arenal	12	305	3660
<b>Total</b>		<b>365</b>	<b>2895</b>	<b>77964</b>
<b>Promedio</b>		<b>30</b>	<b>241</b>	<b>6497</b>

Fuente: Estudio OPTYGES

Tabla 33: Flujo de Trozas transportadas por tren sobre el puente ferroviario Biobío, 2014

<b>Estación Origen</b>	<b>Estación Destino</b>	<b>Flujo [miles de ton]</b>	<b>Distancia Recorrida [Km]</b>	<b>miles de Ton-Km</b>
Escuadrón	Nueva Aldea	10	195	1.950
Horcones	Nueva Aldea	131	227	29.737
Inspector Fernández	Horcones	6	244	1.464
<b>Total</b>		<b>147</b>	<b>666</b>	<b>33.151</b>

Fuente: Estudio OPTYGES

Tabla 34: Flujo de productos distinto de Trozas transportadas por tren, Región del Biobío, 2014

Estación Origen	Estación Destino	Producto carga	Flujo [miles de ton]
Constitución (Sn Javier)	Lirquén	Celulosa	72
Nueva Aldea	Lirquén	Celulosa	472
Laja	Lirquén	Celulosa	93
Santa Fe (Nacimiento)	Lirquén	Celulosa	772
Pacífico (mininco)	Lirquén	Celulosa	294
Valdivia (Mariquina)	Lirquén	Celulosa	147
Horcones	Lirquén	Celulosa	144
Constitución (Sn Javier)	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	42
Nueva Aldea	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	266
Laja	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	21
Santa Fe (Nacimiento)	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	103
Pacífico (mininco)	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	28
Valdivia (Mariquina)	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	254
Horcones	El Arenal (Talcahuano)	Celulosa	43
Constitución (Sn Javier)	Coronel	Celulosa	78
Nueva Aldea	Coronel	Celulosa	277
Laja	Coronel	Celulosa	59
Santa Fe (Nacimiento)	Coronel	Celulosa	312
Pacífico (mininco)	Coronel	Celulosa	148
Valdivia (Mariquina)	Coronel	Celulosa	155
Horcones	Coronel	Celulosa	580
Total Celulosa			4.360
Mariquina	Nueva Aldea	Plywood	3
Mininco	El Arenal	Plywood	50
Ciruelos	El Arenal	Madera Aserrada	8
Mininco	Lirquén	Plywood	8
Ciruelos	Lirquén	Madera Aserrada	39
Mininco	Coronel	Plywood	49
Ciruelos	Coronel	Madera Aserrada	3
<b>Total Plywood y Madera Aserrada</b>			<b>160</b>
El Arenal	Nueva Aldea	Petróleo	68

Chagres	Nueva Aldea	Ácido sulfúrico	4
Los Lirios (El Teniente)	Nueva Aldea	Ácido sulfúrico	2
El Arenal	Horcones	Petróleo	73
Chagres	Horcones	Ácido sulfúrico	6
El Arenal	Laja	Petróleo	22
El Arenal	Santa Fe (Nacimiento)	Petróleo	121
El Arenal	Pacífico (mininco)	Petróleo	33
El Arenal	Mariquina	Petróleo	75
Chagres	Mariquina	Ácido sulfúrico	10
<b>Total Ácidos y Químicos</b>			<b>414</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>4.934</b>

Fuente: Estudio OPTYGES

Tabla 35: Flujo de otros productos forestales distintos de trozas transportados por tren a través del puente ferroviario Biobío, 2014

Estación Origen	Estación Destino	Producto carga	Flujo [miles de ton]
Nueva Aldea	Lirquén	Celulosa	472
Laja	Lirquén	Celulosa	93
Valdivia (Mariquina)	Lirquén	Celulosa	147
Mininco	Coronel	Plywood	49
Ciruelos	Coronel	MaderaAser.	3
El Arenal	Horcones	Petróleo	73
Chagres	Horcones	Ácido sulfúrico	6
<b>Total</b>			<b>843</b>

Fuente: Estudio OPTYGES

Tabla 36: Flujo de productos forestales transportados en tren que cruzaron el puente ferroviario Biobío, 2014

Flujos que cruzaron Biobío en Tren	Toneladas año 2014
Celulosa	712000
Madera Aseerada	3000
Tableros	49000
Petróleo y Ácido	79000
Rollizos	147000
Total	990000

Fuente: Estudio OPTYGES

La tabla a continuación resume las principales causas de engaño y las posibles soluciones.

Tabla 37: Superando el engaño estratégico

<b>Actores</b>	<b>Causas de engaño</b>	<b>Consejo</b>
Instituciones proponiendo y aprobando proyectos (agentes de los contribuyentes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las instituciones que estratégicamente malversan los costos, horizontes, riesgos y beneficios para obtener fondos</li> <li>- Instituciones que estratégicamente intentan ganar los procesos de licitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las instituciones proponiendo y aprobando debieran compartir responsabilidad financiera (mínima contribución local, contribución local en caso de que haya sobrecostos, identificar y responsabilizar a los dueños de los riesgos)</li> <li>-Debiese haber financiamiento privado sin garantía soberana por al menos un tercio del total del proyecto</li> </ul>
Planificadores, licitantes y contratistas (agentes de la institución que propone)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificadores estratégicamente malversan los costos, horizontes y beneficios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Premios monetarios y no monetarios para los planificadores que entreguen buenas estimaciones</li> <li>-Auditorías exigentes</li> <li>-Penas criminales para aquellos desvíos a propósito</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Licitantes proponen bajas apuestas debidos a que pueden ser compensados con cambios en el alcance previamente esperados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Responsabilizar financieramente a quienes licitan</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contratistas sobre precien los cambios de alcance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Responsabilizar financieramente a los contratistas por retrasos y cambios en el alcance</li> </ul>

Fuente: Delusion and Deception in Large Infrastructure Projects [12]

Tabla 38: Categorías de riesgos

<b>Eventos</b>	<b>Aplica</b>	<b>No Aplica</b>
<b>Riesgos Técnicos</b>		
Errores en el estudio geotécnico inicial Omisión de servicios, minas, pozos o restos arqueológicos en la parcela Incompatibilidad entre el proyecto de arquitectura e ingeniería Variaciones en el diseño X Problemas en el replanteo topográfico debido a errores en los planos (o al estudio topográfico preliminar) Falta de experiencia en la utilización de nuevos avances tecnológicos Utilización de técnicas obsoletas en vez instalaciones modernas o complejas		
<b>Riesgos logísticos</b>		
Variación del cliente Variación del diseño Planificación de la construcción inadecuada Retrasos en los cobros y en los pagos Cronograma de proyecto ajustado Falta de coordinación de los recursos logísticos de la obra No disponibilidad de recursos durante la ejecución (maquinaria, piezas de repuesto, combustibles, medios de transporte, etc) Incompetencia del proveedor de materiales en la entrega Interrupciones o fallas en el abastecimiento y en las operaciones de la obra		
<b>Riesgos financieros y riesgos relacionados a los costos</b>		
Problemas en la financiación del proyecto		

Valoración de costos incompleta o inexacta		
Pobre capacidad gerencial de los contratistas		
Inflación del precio de los materiales de construcción		
Aumento de las tasas de interés		
Paros a nivel local o nacional		
Multas por exceder los términos pactados o por calidad Inadecuada		
<b>Riesgos relacionados con la calidad</b>		
Insuficiencia de mano de obra calificada		
Pobre capacidad de trabajo		
Mano de obra poco calificada		
No asegurar los equipos importantes		
No conformidades en cuanto a la calidad de los materiales		
<b>Riesgos administrativos</b>		
Obstáculos en la obtención de información (planos urbanísticos, redes de suministro, etc.)		
Dificultad para la obtención de licencias		
Procedimientos administrativos excesivos		
<b>Riesgos medioambientales</b>		
Contaminación de ruido causada por la construcción		
Contaminación del agua por la ejecución de la obra		
Contaminación atmosférica seria debido a las actividades de la obra		
Procesos legales en contra debido a la deposición ilegal de residuos de la construcción		
<b>Otros riesgos</b>		
Fuerza mayor: inundaciones, terremotos, etc.		

Condiciones meteorológicas adversas		
Imprevistos en las condiciones del terreno		
Imprevistos de orden general		
Aparición de conflictos		

Fuente: Tesis de Máster [20]

Tabla 39: Tabla de Impacto para evaluación de riesgos en proyecto

Impacto	#	Socio ambiental	Costo	Tiempo
<b>Nivel 5 Catastrófico</b>	1	Incumplimiento de los requerimientos socio ambientales que lleven al rechazo de la RCA producto de la toma de decisiones de la Administración y/o Directorio.	Aumento del costo superior al 25% del presupuesto de inversión del Proyecto	Aumento del plazo en más de 25% c/r a lo presupuestado **(considerar contrato de términos de referencia)
	2	Suspensión indefinida del proyecto por no cumplir requerimientos establecidos en la RCA.		
	3	Sanciones por infracciones gravísimas donde se aplique multa entre 5.001 y 10.000 UTA.		
	4	Demandas ante el Consejo de Defensa del Estado o entidades ambientales por daño ambiental que: sea no susceptible de reparación; afecte gravemente a la salud, asentamiento y calidad de vida de la población; recursos y áreas protegidas; monumentos nacionales, sitios arqueológicos y antropológicos. Reiteración o reincidencias de infracciones graves.		
<b>Nivel 4 Alto</b>	1	Incumplimiento de los requerimientos socio ambientales que lleven al rechazo de la RCA producto de la toma de decisiones de la Gerencia de Proyectos.	Aumento del costo entre el 25% y 15% del presupuesto de inversión del Proyecto	Aumento del plazo entre un 25% y 15% c/r a lo presupuestado
	2	Suspensión del proyecto por recursos legales de terceros aún no resueltos.		
	3	Sanciones por infracciones gravísimas donde se aplique multa entre 1.001 y 5.000 UTA.		
	4	Demandas ante el Consejo de Defensa del Estado o entidades ambientales por daño ambiental que: sea susceptible de reparación; riesgo significativo a la salud, áreas silvestres protegidas; incumplimiento grave de las medidas establecidas en la RCA. Reiteración de infracciones calificadas como leves.		

<p><b>Nivel 3 Moderado</b></p>	<p>1 Incumplimiento de los requerimientos socio ambientales que lleven al rechazo de la RCA producto de la toma de decisiones del Gerencia a Cargo del Proyecto Especifico.</p> <p>2 Sanciones y sumarios sanitarios por incumplimiento de la RCA.</p> <p>3 Multas por incumplimiento de Infracciones leves entre 501 y 1.000 UTA.</p> <p>4 Sanciones y/o observaciones por parte de entidades ambientales por daño ambiental que: sea susceptible de reparación; riesgo a la salud, áreas silvestres protegidas; incumplimiento de las medidas establecidas en la RCA. Cometer infracciones leves.</p>	<p>Aumento del costo entre el 15% y 10% del presupuesto de inversión del Proyecto</p>	<p>Aumento del plazo entre un 15% y 10% c/r a lo presupuestado</p>
<p><b>Nivel 2 Menores</b></p>	<p>1 Incumplimiento de los requerimientos socio ambientales que lleven al rechazo de la RCA producto de la toma de decisiones del Jefe de Proyecto.</p> <p>2 Fiscalización de los requerimientos de la RCA con acta que incluya observaciones de baja complejidad.</p> <p>3 Multas por incumplimiento de Infracciones leves entre 1 y 500 UTA.</p> <p>4 Denuncias de Municipalidades y/o reclamos de las comunidades, citaciones a juzgado de policía local arriesgando multa por incumplimientos de requerimientos definidos del proyecto.</p>	<p>Aumento del costo entre el 10% y 5% del presupuesto de inversión del Proyecto</p>	<p>Aumento del plazo entre un 10% y un 5% c/r a lo presupuestado</p>
<p><b>Nivel 1 Insignificantes</b></p>	<p>1 Incumplimiento de los requerimientos socio ambientales que lleven al rechazo de la RCA producto de la toma de decisiones del Especialista Técnico. (Interno o externo).</p> <p>2 Fiscalización de los requerimientos de la RCA con acta sin observaciones.</p> <p>3 Sin Multas.</p> <p>4 Reclamos asilados de las Municipalidades y/o comunidades por incumplimientos de requerimientos definidos del proyecto.</p>	<p>Aumento del costo en menos del 5% del presupuesto de inversión del Proyecto</p>	<p>Aumento del plazo menor al 5% de lo presupuestado</p>

Impacto	#	Imagen	Seguridad Laboral y Accidentes	Información
<b>Nivel 5 Catastrófico</b>	1	Prensa negativa a nivel nacional y/o internacional reiterada con escalamiento del conflicto por más de 3 días	Accidente fatal con responsabilidad de EFE	Falta de Información crítica y coordinación interna (G.Negocio Inmobiliario, G.Comunicaciones, Ingeniería, G.Seguridad Operacional, Depto.M.A.) y externa (Ministerios, Municipalidades, Comunidades)
	2	Tendencia negativa en las redes sociales (Trending topic)		
	3			
	4			
<b>Nivel 4 Alto</b>	1	Prensa negativa a nivel nacional reiterada con escalamiento del conflicto de 1 a 3 días	Accidente con gran invalidez (invalidez que no permita realizar los actos elementales de la vida) con responsabilidad de EFE	Información crítica errónea o incompleta interna y externa
	2	Masificación del conflicto en redes sociales		
	3			
	4			

<b>Nivel 3 Moderado</b>	1	Prensa negativa a nivel nacional acotada a 1 día		
	2	Menciones en redes sociales por personas con un alto número de seguidores		
	3			
	4			
<b>Nivel 2 Menores</b>	1	Prensa negativa a nivel local		
	2	Menciones en redes sociales por personas con un bajo número de seguidores		
	3			
	4			

<b>Nivel 1 Insignificantes</b>	1	Algunos reclamos aislados	Accidente que produce incapacidad temporal (Aquella provocada por accidente del trabajo o enfermedad profesional, de naturaleza o efectos transitorio, que permita la recuperación, o equivalentemente, quien haya sufrido una disminución de la capacidad de ganancia menor al 15%), con responsabilidad de EFE	Falta de información irrelevante
	2	Sin mención en las redes sociales		
	3			
	4			

Las fuentes para la construcción de la tabla son las siguientes:

- Impacto Socio Ambiental: Ley 20417 y 19300
- Costo y tiempo: Independent Project Analysys (IPA); <http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2016-11-29&dtB=29-11-2016%200:00:00&PaginaId=11&bodyid=2>
- Imagen: Tablas de operación de EFE
- Seguridad laboral: Ley 16744 art 27: circular 2345; DS 594
- Información: Tablas de operación de EFE

Algunas definiciones relevantes a continuación:

**Accidentes:** Artículo 5° Para los efectos de esta ley se entiende por accidente del trabajo toda lesión que una persona sufra a causa o con ocasión del trabajo, y que le produzca incapacidad o muerte. Son también accidentes del trabajo los ocurridos en el trayecto directo, de ida o regreso, entre la habitación y el lugar del trabajo, y aquéllos que ocurran en el trayecto directo entre dos lugares de trabajo, aunque correspondan a distintos empleadores. En este último caso, se considerará que el accidente dice relación con el trabajo al que se dirigía el trabajador al ocurrir el siniestro.

**Invalidez:** Se considerará invalidez el estado derivado de un accidente del trabajo o enfermedad profesional que produzca una incapacidad presumiblemente de naturaleza irreversible, aun cuando deje en el trabajador una capacidad residual de trabajo que le permita continuar en actividad.

**Capacidad de ganancia:** Suma que se obtiene multiplicando su remuneración por doce y luego por el número de años que le restan para obtener pensión de vejez.

La “pérdida de su capacidad de ganancia” no es otra cosa sino lucro cesante, pues se ha definido como aquél que el acreedor (el trabajador) ha dejado de ganar en virtud del no cumplimiento por parte del deudor (empleador) de una determinada obligación o, lo que es igual, lo que el acreedor-trabajador hubiera obtenido si el deudor-empleador hubiera cumplido oportunamente.

**Incapacidad temporal** Que producen incapacidad temporal. La incapacidad temporal da derecho al accidentado o enfermo a percibir un subsidio durante toda la duración del tratamiento, desde que ocurrió el siniestro laboral o se comprobó la enfermedad hasta la curación del afiliado o su declaración de invalidez. La duración máxima del período de subsidio será de 52 semanas pudiendo prorrogarse por igual período, cuando ello sea necesario para un mejor tratamiento de la víctima o para atender su rehabilitación. Si transcurridas las 52 semanas o 104, en su caso, y no se logra la curación y/o la rehabilitación del paciente, debe presumirse que presenta un estado de invalidez.

**Invalidez parcial** Se considera inválido parcial a quien hubiere sufrido una disminución de su capacidad de ganancia, presumiblemente permanente, igual o superior a un 15% e inferior a un 70%.

**Invalidez total** Se considera inválido total a aquel trabajador que presente una disminución de su capacidad de ganancia, presumiblemente permanente, igual o superior

a un 70%, lo que le dará derecho a una pensión mensual equivalente al 70% de su sueldo base.

Gran Inválido Gran inválido es aquel trabajador que requiere del auxilio de otras personas para realizar los actos elementales de su vida.

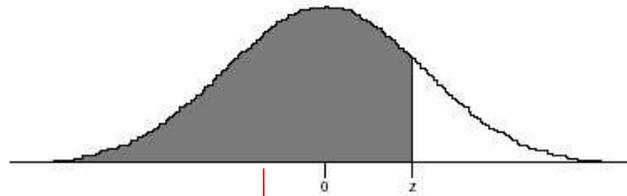
Tabla 40: Componentes del presupuesto

<b>Ítem</b>	<b>CONCEPTO</b>
<b>1</b>	<b>TERRENO</b>
1.1	Expropiación terreno
1.2	Expropiación edificios
1.3	Servicios Afectados
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>
2.1	Preparación Sub Rasante
2.2	Drenaje Longitudinal
2.3	Terraplenes
2.4	Excavación TCN
2.5	Excavación en roca c/maquinas
2.6	Tte. Botadero
2.7	Tratamiento Taludes
<b>3</b>	<b>OBRAS DE ARTE</b>
3.1	Muro
3.2	Pantalla
3.3	Alcantarillas
3.4	Tramo en Puente
<b>4A</b>	<b>TUNEL FERROVIARIO</b>
1.1	Túnel
1.2	Portal Este
1.3	Portal Oeste
1.4	Túnel Falso
<b>4B</b>	<b>PUENTES MAYORES</b>
<b>5</b>	<b>SUPERESTRUCTURA VÍA FÉRREA</b>
5.1	Rieles
5.2	Desviadores
5.3	Durmientes
5.4	Sujeciones
5.5	Balasto
5.6	Instalación
<b>6</b>	<b>ELECTRIFICACIÓN</b>
	Subestaciones
	Líneas de alta tensión
6.1	Presupuesto
<b>7</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>
	Señales plena vía

	Señales estaciones
	Centro control tráfico
7.1	Señales altas al ferrocarril
7.2	Circuitos de vía y cuenta ejes
7.3	Cajas de terminales
7.4	Accionamientos eléctricos
7.5	Modificación enclavamientos
7.6	Cables y empalmes
7.7	Ingenierías y pruebas
7.8	Modificación CTC
7.9	Documentación y formación
7.10	Levantes y desmontajes
<b>8</b>	<b>COMUNICACIONES</b>
8.1	Cableado FO y empalmes
8.2	Documentación
8.3	Ingenierías y pruebas
<b>9</b>	<b>INTERFERENCIAS, PERMISOS, DIA, INST.F</b>
	<b>SUBTOTAL</b>
<b>10</b>	<b>ESTUDIOS</b>

Fuente: Presupuesto realizado para EFE por Orion

Tabla 41: Distribución Normal



Normal Deviate z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-4.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
-3.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
-3.8	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
-3.7	.0001	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
-3.6	.0002	.0002	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
-3.5	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483

# 13 FIGURAS

Figura 22: Organigrama

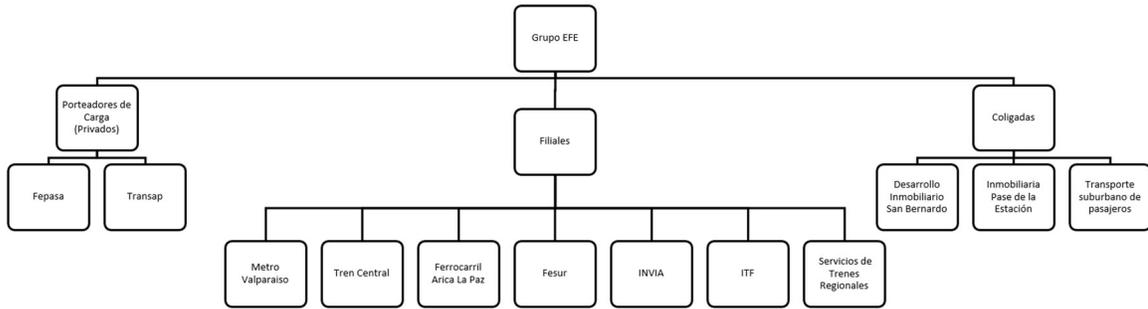


Figura 23: Ejemplo de Estructura de Desglose de Riesgos

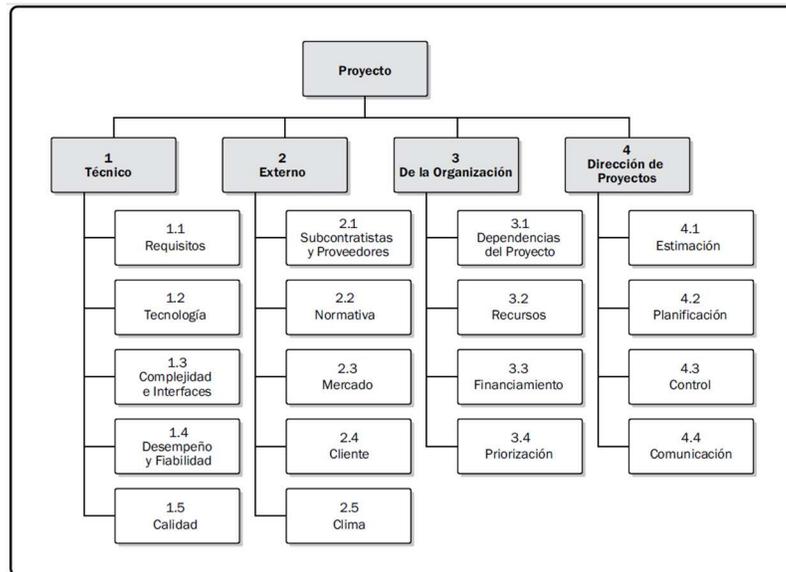


Figura 24: Plano actual del Biotrén



Fuente: <http://www.ferrocarrilesdelsur.cl/es/combinaciones/>

Figura 25: Matriz de impacto y probabilidad

Criterios para impacto	Nivel						
Catastróficos	5	5	10	15	20	25	
Alto	4	4	8	12	16	20	
Moderado	3	3	6	9	12	15	
Menores	2	2	4	6	8	10	
Insignificante	1	1	2	3	4	5	
		1	2	3	4	5	Nivel
		Muy Improbable	Improbable	Moderado	Probable	Casi Certeza	Criterios para Probabilidad

Rango de Riesgos	Nivel de Riesgo
15 - 25	Extremos
10 - 14	Alto
5 - 9	Moderado
1 - 4	Bajo

Fuente: Manual de Riesgos de EFE

Cada elemento de la matriz representa la ponderación entre el impacto y la probabilidad.

## 14 ANEXOS

### 14.1 Anexo 1: Formulación y preparación de proyectos ferroviarios<sup>45</sup>

*Para una asignación óptima de los recursos públicos, el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) debe velar por la correcta selección de proyectos. Este proceso se debe iniciar con la identificación y análisis de la situación problemática, ya sea una necesidad mal cubierta, un servicio mal entregado, falta de bienes, desaprovechamiento de oportunidades de mejora, entre otros; seguir con la definición y evaluación del abanico de alternativas que posiblemente den solución al problema y finalizar con la elección de la alternativa que maximice el bienestar social.*

*Para lograr este objetivo, la identificación, preparación, evaluación, seguimiento y control de los proyectos de inversión, se deben desarrollar en un marco de planeamiento estratégico que permita ordenar, conducir y orientar las acciones hacia la solución de problemas. Es por esto que resulta fundamental comprender cuáles son los conceptos, pasos y aspectos más relevantes que se deben considerar al momento de la formulación y preparación de un proyecto de inversión pública.*

A continuación, se explicará el ciclo de vida de un proyecto y los principales puntos a seguir y considerar en los procesos de formulación de un problema, diagnóstico de la situación actual y análisis de las alternativas de solución.

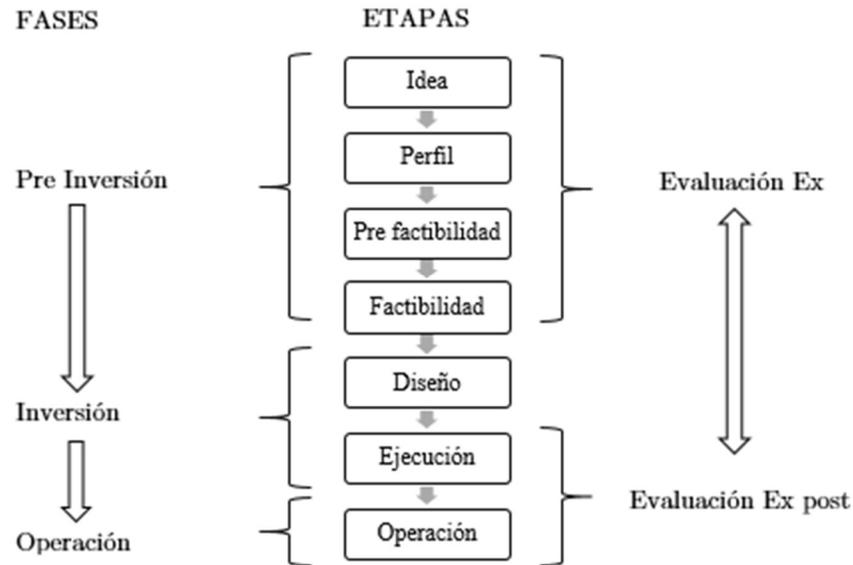
#### 14.1.1 Ciclo de vida de un proyecto

El ciclo de vida del proyecto es el proceso por medio del cual una idea se transforma en una solución concreta, a través del análisis de alternativas y elección de aquella más rentable desde el punto de vista social. La Figura a continuación muestra el ciclo de vida de un proyecto, el cual se compone de tres fases: pre-inversión, inversión y operación.

---

<sup>45</sup> Fuente: Elaboración propia en base a: [22], [28] MDS; *Manual de Evaluación de Proyectos*, MDS; *Evaluación Socio Económica Proyectos Ferroviarios*, EFE.

Figura 26: Ciclo de Vida de Proyectos



Las IDI que ingresan al SNI tienen un ciclo de evaluación que caracterizan una serie de fases y etapas en el sistema:

#### 14.1.2 Fase de Pre Inversión

Proceso de elaboración de los estudios y análisis necesarios para la identificación, preparación y evaluación del proyecto, que permite resolver el problema o atender a la necesidad no cubierta que le da origen, para disminuir la incertidumbre sobre las decisiones de inversión, asegurando que el proyecto sea la mejor solución al problema identificado. Esta fase permite determinar si es conveniente o no realizar el proyecto, o en su defecto aplazar.

Cada una de estas etapas es evaluada teniendo como resultado un RATE de acuerdo a la clasificación del MDS.

La fase de pre inversión cuenta con las siguientes etapas:

##### 14.1.2.1 Idea:

*En esta etapa es necesario considerar los enfoques y demandas de distintos grupos de interés, de la comunidad, de agencias públicas, privados, entre otros.*

##### 14.1.2.2 Perfil:

Diagnóstico de la situación actual para identificar el problema a través del levantamiento y recopilación de información y datos. Se obtiene distintas alternativas de solución a partir de fuentes

secundarias, permitiendo descartar alternativas no factibles, seleccionar las mejores y continuar o postergar la solución al problema.

*En esta etapa, el objetivo es establecer un juicio inicial acerca de la eficacia y coherencia de las alternativas de proyecto propuestas, a fin de adoptar una decisión de profundizar en el análisis o desechar el proyecto.*

*La etapa de perfil se debe incorporar información adicional y precisar aquella proveniente de la etapa de Idea. La información adicional se refiere a: cuantificación preliminar del mercado y tamaño de la inversión a partir de la información disponible, un análisis preliminar de alternativas técnicas, una estimación de montos de inversión por ítem (terreno, construcción, equipos e instalaciones), costo anual de operación promedio, vida útil. Con esta información se debe hacer una evaluación preliminar de la iniciativa de inversión. [...]*

*[...] Los estudios de base indicados para los Estudios de Perfil enumerados en 2.101.4 del Manual de Carreteras son los mismos utilizados en los proyectos ferroviarios y las disposiciones del citado Manual son igualmente aplicables para estos proyectos:*

1. Topografía

*[...] Son suficientes los antecedentes topográficos que se encuentran disponibles en las planchetas del Instituto Geográfico Militar en escala 1:50.000 o en planos topográficos de precisión equivalente. [...]*

2. Hidrología:

*Las planchetas del Instituto Geográfico Militar muestran los cursos de agua permanentes y eventuales [...] son suficientes para estimar la cantidad y magnitud de las obras de arte de los proyectos de nuevos trazados en esta etapa.*

3. Geología y suelos:

*Estimaciones sobre la calidad de los terrenos por atravesar pueden obtenerse del Mapa Geológico de Chile de Sernageomin. Si no se dispone de información sobre la geología de la zona, es factible trabajar con la información contenida en las planchetas IGM, estimando la composición de los cortes como un porcentaje de roca, terrenos semiduros y terrenos blandos. [...]*

4. Expropiaciones, servidumbres y adquisición de terrenos

*Para los estudios de perfil no es necesario catastrar la propiedad de los terrenos que se verán afectados por el proyecto, siendo suficiente efectuar una estimación de los costos de expropiación, servidumbres y adquisición de terrenos. [...]*

5. Vías existentes

*En los proyectos que incluyen la recuperación o mejoramiento de vías existentes, la estimación de inversiones en la superestructura de la vía férrea se deberá efectuar a partir de la información contenida en los catastros existentes, complementada con una inspección visual de la vía con el propósito de evaluar en forma global su estado y las reparaciones o mejoramientos necesarios.*

Dentro de los requerimientos de esta etapa se encuentran:

- Alcance funcional a nivel de evaluación
- Establecer en forma conceptual la factibilidad técnica de cada alternativa
- Aproximación de costos de inversión y operación y beneficios. Se propone  $\pm 25\%$  de incertidumbre

### 14.1.2.3 Pre factibilidad:

Se realiza una evaluación más detallada de las alternativas seleccionadas en perfil, profundizando los estudios con información primaria para disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones.

El análisis de las alternativas se recomienda realizarlo en la etapa de pre factibilidad, ya que esto implica el estudio en mayor detalle de cada una y, por lo tanto, aumenta la probabilidad de escoger la mejor alternativa para solucionar el problema.

*En esta etapa [...] se debe profundizar en el análisis tanto a nivel de proposición de alternativas, precisión de inversiones, estudios de demanda específicos y costos de operación y mantenimiento.*

*[...] el diseño de la infraestructura ferroviaria tiene requerimientos geométricos que corresponden a los proyectos definitivos y que no deberían ser modificados en la ingeniería de detalle.*

*Los equipos complementarios, tales como los de señalización y comunicaciones, sólo deben ser materia de especificaciones funcionales y no de anteproyectos técnicos, ya que la tecnología de estos equipos varía según el proveedor [...] y la ingeniería de detalle es confeccionada por el proveedor [...].*

*[...] los costos de operación [...] deben ser modelados y establecidos con mayor precisión, incluyendo la totalidad de las componentes de operación. También debe considerarse la modelación y estimación de costos de mantenimiento de la infraestructura (multimodal, si es el caso).*

*Respecto al análisis de externalidades del proyecto, debe incorporarse la estimación de costos sociales por accidentes y en relación a impactos ambientales a través de la Tabla de Impactos según lo descrito posteriormente.*

#### 1. Topografía

*Los anteproyectos de trazados ferroviarios [...] difieren en muy poco de los proyectos de ingeniería definitivos, por lo que sus requerimientos de topografía son similares.*

*Para los nuevos trazados o para la modificación de trazados existentes se requiere de levantamientos topográficos [...] para la confección de planos escala 1:1000 en planta y 1:100 en alzado. [...] La topografía de los trazados deberá hacerse en una faja de 50 metros a cada lado del trazado preliminar, previamente replanteado.*

2. Hidrología:

*[...] deberá basarse en los antecedentes hidrológicos especificados en el [...] Manual de Carreteras del MOP. Donde no existan antecedentes deberán efectuarse los estudios hidrológicos [...].*

3. Geología y suelos:

*Los estudios de suelos para nuevos trazados deben efectuarse en la forma indicada en el [...] Manual de Carreteras del MOP para la confección de anteproyectos, tanto en lo que se refiere a los terrenos del trazado como al material de los empréstitos.*

4. Expropiaciones, servidumbres y adquisición de terrenos

*La confección del anteproyecto de nuevos trazados requiere efectuar un catastro general de las propiedades afectadas. [...] tener identificados los paños de terreno afectados por el proyecto con su propietario, rol y superficie aproximada.*

*En el caso de proyectos de mejoramiento de líneas existentes, es conveniente revisar los títulos de propiedad de los terrenos del tramo en cuestión [...].*

5. Vías existentes

*En los proyectos que incluyen la recuperación o mejoramiento de vías existentes, la estimación de inversiones en la superestructura de la vía férrea se deberá efectuar a partir de la ejecución de un catastro detallado, el que debe incluir el tipo y estado de todos sus componentes [...].*

*Los puentes y obras de arte requieren un tratamiento separado. Deberá efectuarse un catastro individual y una monografía de cada una de las obras de arte, con el propósito de estimar las inversiones que se requerirán. En el caso de los puentes y dependiendo del alcance del proyecto, es conveniente elevar los estándares en la forma recomendada por el manual REDEFE.*

Dentro de los requerimientos de esta etapa se encuentran:

- Diagnóstico de la situación actual
- Análisis de la demanda y oferta en conjunto con proyecciones

- Se requiere ingeniería básica (topografía, mecánica de suelos, componentes ambientales, etc.). Se recomienda tener en consideración estudios previamente hechos sobre el tema.
- Presupuesto detallado
- Diseños ante proyecto para determinar costos de inversión con mayor exactitud. Se propone  $\pm 15\%$  de incertidumbre
- Resumen y conclusiones

#### 14.1.2.4 Factibilidad:

Se selecciona la alternativa técnica y económicamente más viable, perfeccionando la información de la alternativa escogida. Se puede pasar a la etapa de diseño o postergar.

#### 14.1.2.5 Evaluación *ex ante*:

Para finalizar la etapa de pre inversión se debe simular el escenario donde se realiza el proyecto para determinar las variables más importantes donde se debe intervenir.

*De acuerdo con las Normas de Inversión Pública del MDS, se podrá, excepcionalmente, [...] autorizar que las instituciones formuladoras presentasen de forma conjunta las etapas de diseño y ejecución de un proyecto, debiendo contar para tal efecto con un anteproyecto referencial que contenga el programa arquitectónico detallado, el planteamiento de organización funcional, espacial y volumétrica del programa arquitectónico desarrollado y un anteproyecto de diseño completo. En los casos en que los proyectos requieran realizar un EISTU, someterse al SEIA, u otros, estas resoluciones deberán acompañar al anteproyecto.*

*En la eventualidad de existir diseño tipos estandarizados por las instituciones técnicas sectoriales [...], estas iniciativas se podrán postular directamente a la etapa de ejecución*

*Las instituciones formuladoras deben seleccionar correctamente los ítems, a través de los cuales se ejecutará la iniciativa de inversión, de acuerdo con el Clasificador Presupuestario vigente, en atención a que una vez recomendada favorablemente la etapa del proyecto por parte del Ministerio de Desarrollo Social, éstos no pueden ser modificados, salvo que exista un proceso de reevaluación.*

*Se debe postular secuencialmente las etapas del ciclo de vida de un proyecto o programa de inversión. Al término de cada etapa, la institución financiera podrá ingresar la etapa siguiente que corresponda, durante el mismo año calendario.<sup>46</sup>*

---

<sup>46</sup> Normas de inversión Pública, MDS. P10

### 14.1.3 Tipología IDIs

La postulación se debe realizar de acuerdo con la tipología para el nombramiento de las IDIs y las etapas del ciclo de vida:

De acuerdo a la normativa del Ministerio de Desarrollo Social (MDS) se establece una tipología para poder caracterizar los distintos tipos de IDI, debiendo responder tres preguntas:

Tabla 42: Tipología para nombrar IDI

Proceso	Objeto	Localización
¿Qué se hace?	¿Sobre qué se hace?	¿Dónde se hace?

El proceso corresponde a la acción que caracteriza la naturaleza de la IDI (Proyecto, Programa o Estudio Básico), el objeto corresponde a la materia o motivo del proceso, y finalmente, la localización corresponde a la ubicación geográfica precisa del proceso.

Según esto, entonces, a un proyecto se asigna un nombre de acuerdo con las características que cumple. Existen tres tipos de IDI:

- a. Estudios Básicos: gastos por concepto de IDI destinadas a generar información sobre recursos humanos, físicos o biológicos que permiten generar nuevas IDI.
- b. Proyectos: gastos por conceptos de estudios pre inversionales de pre factibilidad, factibilidad y diseño, destinados a generar información que sirva para decidir y llevar a cabo la ejecución futura de proyectos. También se consideran los gastos de inversión para el inicio de ejecución de obras
- c. Programas: gastos por concepto de iniciativa destinadas a incrementar, mantener o recuperar la capacidad de generación de beneficios de un recurso humano o físico y que no corresponde a aquellos inherentes a la institución que formula el programa (es decir, para beneficios de terceros).

Y según el tipo de Iniciativa deben cumplir con determinadas etapas

Tabla 43: Etapas de postulación al SNI

Estudio Básico	Programa	Proyecto
Ejecución	Diseño	Pre factibilidad
		Factibilidad
	Ejecución	Diseño
		Ejecución

Excepcionalmente se podrán autorizar proyectos que postulen en forma conjunta las etapas de diseño y ejecución, pero deberán contar con un anteproyecto referencial que contenga el programa arquitectónico detallado. Otro caso que permite la postulación conjunta es en aquellos proyectos donde existen tipos de diseño estandarizados que se ajusten a los resultados de perfil del proyecto (dimensionamiento), permitiendo que las iniciativas pasen directamente a ejecución.

Las IDI que postulen directamente a la etapa de ejecución deberán presentar los antecedentes pre inversionales en los que se basó el diseño y evaluación técnica económica que exige la etapa a la que se postula para poder justificar los costos y gastos establecidos en la ficha.

#### 14.1.4 Admisibilidad

##### Antecedentes de respaldo requeridos para análisis de admisibilidad

Las iniciativas que ingresan al SNI deben cumplir con los requisitos para la presentación oficial de las iniciativas de inversión nuevas y además considerar los antecedentes necesarios que permitan corroborar la pertinencia de la postulación y a su vez posibilitar al Ministerio de Desarrollo Social entender el alcance y objetivos de la misma.

Tabla 44: Antecedentes de respaldo requeridos para análisis de admisibilidad

ESTUDIO BASICO	PROYECTO DE INVERSION
<p><b>Postulación desde Perfil a EJECUCIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnóstico del problema que genera el estudio.</li> <li>- Términos de referencia.</li> <li>- Presupuesto detallado</li> </ul>	<p><b>Postulación desde Perfil a PREFACTIBILIDAD O FACTIBILIDAD</b></p> <p>Estudio pre inversional que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición del problema.</li> <li>- Análisis de oferta y demanda.</li> <li>- Estudio de alternativas de solución.</li> <li>- Evaluación económica.</li> <li>- Términos de referencia.</li> <li>- Presupuesto detallado.</li> </ul>
	<p><b>Postulación desde Perfil, Pre factibilidad o Factibilidad a DISEÑO</b></p> <p>Estudio pre inversional que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición del problema.</li> <li>- Análisis de oferta y demanda.</li> <li>- Estudio de alternativas de solución.</li> <li>- Evaluación económica.</li> <li>- Términos de referencia.</li> <li>- Presupuesto detallado.</li> </ul>
	<p><b>Postulación desde Perfil o Pre factibilidad o Factibilidad o Diseño a EJECUCIÓN</b></p> <p>Estudio preinversional que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición del problema</li> <li>- Análisis de oferta y demanda</li> <li>- Estudio de alternativas de solución</li> <li>- Evaluación económica.</li> <li>- Presupuesto detallado de cada ítem.</li> <li>- Diseño completo.</li> </ul>
	<p><b>Postulación desde Perfil, Prefactibilidad o Factibilidad a DISEÑO-EJECUCION conjunta</b></p>

	<p>Estudio preinversional completo, con sus respectivas evaluaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anteproyecto de arquitectura y/o ingeniería</li> <li>- Presupuesto oficial detallado.</li> </ul>
--	---

Las iniciativas son calificadas según una categorización establecida en el NIP [22] para poder obtener recursos, las cuales son las siguientes:

Tabla 45: Categorías RATE

CATEGORÍA RATE	
RS: Recomendado favorablemente	Cumple con la condición de haber sido presentada al SIN con todos los antecedentes y estudios que la respaldan y aseguran la conveniencia de llevarla a cabo.
FI: Falta Información	Antecedentes presentados son insuficientes para respaldar una iniciativa de inversión.
OT: Objetado Técnicamente	Antecedentes entregados permiten concluir que no es conveniente llevar a cabo la inversión.
RE: Reevaluación	La iniciativa es objeto de un nuevo análisis producto de cambios significativos en la situación originalmente recomendada
IN: Incumplimiento de Normativa	Iniciativa de inversión nueva o de arrastre, sometida al análisis técnico-económico para determinar la conveniencia de su ejecución, sobre la cual se ha detectado que ha sido objeto de asignación de recursos, ha sido adjudicada o ha ejecutado gasto, sin contar con informe del Ministerio de Desarrollo Social. El RATE deberá contener la opinión sobre la conveniencia técnico-económica de su ejecución y además identificar el incumplimiento normativo detectado.

Si la iniciativa es declarada **no admisible**, se le informará por oficio a la institución financiera el no ingreso al SNI, dejando constancia en el BIP los requisitos de admisión que no ha cumplido.

## 14.2 Anexo 2: Estudio de Mott Mac Donald

Con el objetivo de revisar el *Green Book*, manual de evaluación de proyectos de Inglaterra, el ministerio de Hacienda Británico encargó un estudio a la consultora Mott Mac Donald para revisar el resultado de los grandes proyectos de infraestructura pública durante los últimos 20 años. EL resultado de este estudio debió proveer de una mejora en la metodología para evaluar y reducir el optimismo excesivo en las etapas de pronósticos realizada por ellos.

Los resultados encontrados en su estudio revelan la existencia de un alto grado de optimismo en los pronósticos, resultando en subestimación de costos y plazos, y una sobreestimación de beneficios. Además, se identifican los factores críticos de riesgo que deben ser manejados durante la evolución del proyecto.

En su trabajo se toman 60 proyectos de distintos departamentos de gobierno, incluyendo adicionalmente otros 20 para completar una muestra estadísticamente significativa, incluyendo distintos tipos de financiamiento (público y público-privado).

Al igual como señala el marco conceptual del presente trabajo, se crea una muestra representativa para poder obtener data estadística del sesgo optimista, donde en primer lugar se crean clases de referencia de manera que dentro de cada una no existan diferencias significativas, pero sí entre ellas.

Las clases identificadas son:

1. Proyectos estándares de construcción de edificios, i.e. que no requieren diseños específicos (oficinas, departamentos, entre otros)
2. Proyectos no estándares de construcción, i.e. proyectos que requieren diseños especiales y de mayor complejidad (hospitales, cárceles, y otros)
3. Proyectos de ingeniería estándares (carreteras y líneas de metro de baja complejidad)
4. Proyectos de ingeniería de mayor complejidad (proyectos ferroviarios de mayor complejidad, autopistas, extensiones de proyectos anteriores, entre otros.)
5. Proyectos de equipamientos y de desarrollo, i.e. proyectos relacionados con equipamiento de nuevas tecnologías y con el desarrollo de software y sistemas
6. Otros

Luego de agrupar los proyectos en las distintas clases de referencia, se seleccionan 5 grupos de riesgos que pueden afectar a los proyectos:<sup>47</sup>

1. Financiamiento
2. Relativos al proyecto
3. Relativos a los clientes del proyecto
4. Ambiente

---

<sup>47</sup> Se sugiere revisar la referencia para más detalles

5. Influencias externas

En particular, se analizan los sesgos de optimismo en 5 categorías:

1. Sesgos en el tiempo de duración de los trabajos, esto es, etapa de implementación
2. Sesgos en el tiempo de duración del proyecto, esto es, el proyecto desde su concepción
3. Costos de capital (CAPEX), esto es, sesgos en la estimación de en los costos de capital previo a ejecución y una vez que el proyecto fue finalizado
4. Costos operacionales (OPEX) (muy pocos proyectos contaban con esta información, por lo que no se evaluó correctamente)
5. Sesgo en los pagos unitarios (al igual que OPEX, se contaba con muy poca información)
6. Sobreestimación de los beneficios

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

**Table 3 Recorded Optimism Bias**

Project Type		Optimism Bias (%)				
		Works Duration	CAPEX	Unitary Payments	OPEX	Benefits Shortfall
Traditional*	Non-standard Buildings	39	51	N/A	No Info	1
	Standard Buildings	4	24	N/A	No Info	No Info
	Non-standard Civil Engineering	15	66	N/A	No Info	5
	Standard Civil Engineering	34	44	N/A	No Info	No Info
	Equipment/Development	54	214	N/A	No Info	No Info
	Outsourcing	N/A	N/A	N/A	41	No Info
	All Traditional	17	47	N/A	41	2
PFI / PPP**	Standard Buildings	-16	2	1	N/A	0
	Standard Civil Engineering	No Info	0	0	N/A	0
	Equipment/Development	28	No Info	19	N/A	10
	Outsourcing	N/A	N/A	8	N/A	5
	All PFI / PPP	-1	1	5	N/A	2

\* The optimism bias is measured from strategic outline case or outline business case.

\*\* The optimism bias is measured from full business case. The capital expenditure optimism bias is measured as a percentage of the contract price.

Note: Do not use Table 3 for calculating the optimism bias levels for current projects. Guidance for calculating optimism bias levels for current projects is provided in Section 4.

The optimism bias levels for PFI / PPP projects were measured at the full business case stage, whereas the optimism bias levels for traditionally procured projects have been recorded at the strategic outline case and the outline business case stages.

Fuente: *Review of Large Public Procurement in the UK*, Mott Mac Donald [6]

En la tabla, los tipos de proyecto se separan en dos de acuerdo a su tipo de financiamiento: tradicional y PDI/PPP. Tradicional hace referencia a el uso de recursos fiscales, PFI/PPP a alianzas entre ambos sectores, de carácter público-privadas.

Los resultados muestran que los proyectos tradicionales tienen un mayor nivel de sesgo, lo que se atribuye a la transferencia de riesgo que existe en las alianzas PPP. En términos simples, mediante las alianzas PPP se logra una transferencia de riesgo a cada parte de acuerdo a la capacidad de manejar el riesgo que posea, por lo que a través de os distintos contratos de disminuye el riesgo, alcanzado un mayor valor por el dinero y calidad. Sin embargo, la cantidad de proyectos utilizados no permite concluir con significancia al respecto, pues puede ser que los casos elegidos en cada ítem no sean los adecuados ni suficientemente representativos.

Es de esperar que lo proyectos estándares tengan menor sesgo optimista. Como muestra la tabla, esto ocurre en los proyectos de edificación, sin embargo, en los proyectos de ingeniería, el estudio muestra mayor sesgo en tiempos de compleción del proyecto en los proyectos estándares. Esto se puede explicar debido a que los proyectos estándares de esta base de datos son en su mayoría carreteras, por lo que deben presentar estudios de impacto ambiental que retrasan mucho la labor del proyecto.

Los proyectos de desarrollo y equipamiento mostraron mayores efectos en la duración, costos de capital y de pagos unitarios. Una de las razones de esto es que los alcances y requerimientos de este tipo de proyectos es muy difícil de definir, muchas veces poco tangibles.

Luego se hizo un análisis de los riesgos más importantes relacionados a proyectos de acuerdo a la experiencia de Mott Macdonald, listados en la tabla a continuación.

En el estudio se analiza para cada tipo de proyecto el grupo de riesgos<sup>48</sup> mostrado en la tabla. Los resultados concluyen que los factores más relevantes a considerar y que mayor aporte tienen en los sesgos son:

1. Planificación inadecuada: 58% del sesgo
2. Estudio de impacto ambiental: 19%
3. Político: 16%
4. Económico: 13%
5. Bajo involucramiento de los contratistas en el diseño: 12%
6. Complejidad del diseño: 11%
7. Otros

El análisis sobre los proyectos públicamente financiados muestra que estos se les puso escasa o ni una atención a los beneficios que entregarían, al igual que a los costos de operación. En el lado contrario, los proyectos PPP se evalúan en torno a los beneficios que entrega, y no solo en los entregables.

---

<sup>48</sup> En el estudio se desagrega cada grupo de riesgo de acuerdo a las áreas observadas y su aporte el riesgo. Por ejemplo, dentro del económico se consideran cambios en la demanda, crisis financieras, entro otros.

En la mayoría de las instancias la planificación inadecuada fue calificada como la causa de mayores problemas en los retrasos y sobrecostos. Esto permite entregar como recomendación la necesidad de prestar mayor atención a la elaboración de los planes de trabajo en los proyectos, para que se adecúen correctamente a los requerimientos de los proyectos.

Project Summary Information Form (Sheet 2)						
Relative % Impact of Influencing Factors on Total Time, Cost Overruns and Benefits						
Project Risk Group	Project Risk Area	Time Impact (%)	CAPEX Impact (%)	OPEX Impact (%)	Unitary Payment Impact (%)	Benefits Impact (%)
Procurement	Complexity of Contract Structure					
	Contractor Involvement in Design					
	Contractor Capabilities					
	Government Guidelines					
	Dispute and Claims Occurred					
	Information management					
Project Specific	Other (specify)					
	Design Complexity					
	Degree of Innovation					
	Environmental Impact					
Client Specific	Other (specify)					
	Inadequacy of the Business Case					
	Large Number of Stakeholders					
	Funding Availability					
	Project Management Team					
Environment	Poor Project Intelligence					
	Other (specify)					
	Public Relations					
	Site Characteristics					
External Influences	Permits / Consents / Approvals					
	Other (specify)					
	Political					
	Economic					
	Legislation / Regulations					
External Influences	Technology					
	Other (specify)					

El estudio de Mott Mac Donald realiza una serie de recomendaciones para mejorar la manera en que se llevan los proyectos públicamente financiados, por lo que se sugiere revisar la bibliografía. Sin embargo, es importante mencionar que las recomendaciones hechas por ellos van de la mano con aquellas presentadas en este informe, pues se utilizó como una de las fuentes principales de información.

A continuación de las recomendaciones planteadas en el estudio se analiza la forma de aplicar los *uplifts* para poder eliminar los sesgos encontrados en los proyectos. El procedimiento es análogo al explicado en el marco conceptual del presente trabajo, y sus resultados se resumen en la siguiente tabla:

**Table 4 Current Practice Optimism Bias**

Project Type	Optimism Bias (%) <sup>7</sup>			
	Works Duration		CAPEX	
	U	L	U	L
Non-standard Buildings	39	2	51	4
Standard Buildings	4	1	24	2
Non-standard Civil Engineering	25	3	66	6
Standard Civil Engineering	20	1	44	3
Equipment/Development	54	10	200	10
Outsourcing	N/A	N/A	41*	0*

\* The optimism bias for outsourcing projects is measured for operating expenditure, OPEX

En la metodología de Mott Mac Donald sugieren aplicar el *upper bound* (U, o límite superior) en caso de que se espere un sesgo alto en el proyecto, mientras que se recomienda aplicar el *lower bound* (L, límite inferior) en caso que exista un manejo efectivo de los riesgos en el proyecto.

### 14.3 Anexo 3: Problemas del Puente Biobío<sup>49</sup>

Fotografías de distintos problemas que han debido ser intervenidos.



Los principales riesgos están asociados al estado de los pilotes bajo el lecho arenoso, que es donde se generan las mayores solicitaciones de corte y momentos flectores, pudiendo presentarse una falla frágil si existen daños no detectados.

---

<sup>49</sup> Fuente: Estudio de antecedentes entregado al MDS, marzo de 2016



#### 14.4 Anexo 4: Entrevistas

1. Víctor Morales, Gerente de Proyectos
2. Darío Farren, Gerente de Planificación y Estudios
3. Viviana Vergini, Subgerente de Planificación y Estudios
4. Pedro Zurita, Gerencia de Ingeniería
5. Miguel Osorio, Gerencia de Proyecto Alameda-Melipilla
6. Fernando González, Gerencia Proyecto Santiago-Batuco
7. Claudia Marcela Barría, Jefe de Ingeniería Proyecto Santiago Batuco
8. Francisco Pi Martínez, Ingeniero Jefe Asesoría Proyecto Tren Santiago Batuco, IDOM
9. Margarita Paredes, Subgerente de Riesgos, Gerencia de Seguridad Operacional
10. María Paz Guerrero Campo, Jefe de Gestión de Riesgos, Gerencia de Seguridad Operacional
11. María Verónica Zimerman, Jefa Departamento de Medio Ambiente, Gerencia de Seguridad Operacional
12. Cristian Ariel Sotomayor, Administrador de Gestión Inmobiliaria, Gerencia Inmobiliaria
13. Walter Herrera, Encargado de Campamentos
14. Rodrigo Hernández, Fiscalía
15. Manuel Basoalto, Gerencia Proyectos, Fesur
16. Christian Ortiz, Ingeniero de Control y Presupuesto, Fesur
17. David Donoso, Gerente Proyecto Puente Biobío
18. Jaime Fuentes, Jefe de Proyecto Puente Biobío
19. Patricio Suazo, Ingeniero área estructural, Proyecto Puente Biobío
20. Dagoberto Toledo, Axioma, PM Proyecto Puente Biobío
21. Oscar Saavedra, Departamento de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Social
22. Alejandro Rivas, Departamento de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Social