

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### A. PRESENTACIÓN

El presente documento ha sido elaborado por la empresa **CIPRES Ingeniería Ltda.** y corresponde al informe final del estudio de prefactibilidad y anteproyecto técnico-económico denominado ***"Construcción Soterramiento Línea Férrea Ribera Norte, Concepción"*** (BIP 30061064-0), el cual fue convocado a licitación pública por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo a través del **SERVIU Región del Bío Bío**.

### B. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Este estudio se contextualiza en el marco del programa de recuperación urbana de la ribera norte de Río Bío Bío, en el que se pretende integrar a la ciudad con ésta, para lo que la presencia de la vía férrea a nivel representa una barrera muy difícil de salvar.

Considerando el avance del desarrollo inmobiliario del sector en los últimos años, con una clara tendencia de crecimiento hacia el borde río, sumado a la ejecución de proyectos como la Plaza Bicentenario y Parque Central, los que permiten que terrenos de SERVIU se potencien para el desarrollo urbano del sector enfrentada al río, se hace imprescindible resolver el problema de segregación y discontinuidad vial y urbana que imponen las obras ferroviarias a nivel.

Para este problema de segregación lo que se persigue es otorgar a la ciudad una óptima conectividad y accesibilidad desde los aspectos urbanos, viales y físicos en general, lo que requiere analizar necesariamente alternativas de soterramiento del trazado ferroviario actual en una longitud aproximada de 2 km entre cerro Chepe y calle Esmeralda.

Adicionalmente, se consideran las nuevas condiciones de movilidad a partir del terremoto del 27 de febrero de 2010, las que han generado un cambio importante en el sistema de transporte urbano de la ciudad de Concepción, afectando con ello el desarrollo del estudio.

Luego, el principal objetivo del estudio consiste en realizar el análisis de prefactibilidad y el anteproyecto técnico económico del soterramiento del trazado ferroviario en el sector de ribera norte, con los beneficios generados especialmente por el mejoramiento de la conectividad vial y por la recuperación de terrenos para el desarrollo del sector.

Es así como el estudio identifica, evalúa y desarrolla a nivel de anteproyectos, las alternativas de soterramiento ferroviario y de conexiones viales urbanas que ofrezcan la mejor solución para el sistema de transporte urbano del sistema vial afectado. Dentro de las posibles soluciones se consideraron las siguientes propuestas generales: soterramiento en túnel, trinchera o combinación de ambos, el paso desnivelado de los ejes viales que la cruzan y el desplazamiento del actual patio de armado y desarmado de trenes que se encuentra en el sector de la estación de Concepción, entre otras posibilidades.

Para tales efectos, los anteproyectos propuestos son factibles desde el punto de vista técnico y económico, garantizando condiciones de circulación accesibles, seguras y sustentables para los distintos usuarios (motorizados y no motorizados) de la vialidad y en particular para los servicios de transporte público existentes. Además, la factibilidad económica es respaldada con los correspondientes análisis de rentabilidad social, de manera de hacer las recomendaciones de inversión más adecuadas, según los criterios vigentes de selección y asignación de recursos dentro del sistema nacional de inversiones.

Además de los beneficios propios del sistema de transporte, se incorpora en el análisis otros provenientes de la recuperación de terrenos para el desarrollo inmobiliario y la conectividad urbana espacial.

Dentro de este marco, el estudio aborda el diseño de las obras requeridas, producto de las soluciones que se definan, incluyendo los siguientes anteproyectos: diseño vial, diseño ferroviario, control de tráfico, urbanismo, evacuación de aguas lluvias, anteproyecto de reposiciones de servicios existentes, puentes, obras de contención, reposición de eventuales instalaciones afectadas, expropiaciones, paisajismo, iluminación y, en general, cualquier obra que sea necesaria para definir las soluciones a un nivel adecuado, que permita posteriormente desarrollar la ingeniería de detalles del proyecto, sin grandes modificaciones en las soluciones, ni en la inversiones que sean estimadas.

Respecto al impacto de la operación ferroviaria, el proyecto debe mantener, al menos, las condiciones actuales, en cuanto a transporte de carga y pasajeros.

En forma adicional, según lo indicado a lo solicitado en las bases de licitación, sobre la solución desarrollada a nivel de anteproyecto, se propone un modelo de gestión de las posibles fuentes de financiamiento, diferenciándose a la forma única de financiamiento del estado.

Específicamente, para responder a las necesidades indicadas, se atienden y resuelven los siguientes objetivos específicos:

- **Diagnóstico del funcionamiento actual.** Diagnóstico de la infraestructura y la operación actual del tráfico vehicular, ferroviario, ciclistas y peatonal que circula por el sector, identificando y cuantificando los conflictos existentes, de tal manera de apoyar el proceso de generación de alternativas de solución considerando además las restricciones urbanas que impone el proyecto.
- **Desarrollo, análisis y evaluación de alternativas de soterramiento de la vía férrea y mejoramiento del sistema vial.** Análisis técnico y la evaluación social de alternativas de mejoramiento, considerando obras ferroviarias, viales urbanas, y complementarias.
- **Desarrollo del anteproyecto de mejoramiento.** Resuelve con precisión los temas de diseño físico y operacional de las vías férreas, sistemas de señalización, comunicación y electrificación de ferrocarriles, así como también el diseño vial urbano, con un tratamiento adecuado de peatones y otros usuarios no motorizados del sistema de transporte.
- **Evaluación social del anteproyecto.** Evaluación del anteproyecto para obtener los indicadores de rentabilidad social y económica, junto con los análisis de sensibilidad correspondientes y un programa de implementación de las obras.
- **Modelos de Gestión.** Para el anteproyecto definitivo se propone un modelo de gestión que permite orientar sobre posibles fuentes y formas de financiamiento, complementarios al modelo estatal.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del área directa de proyecto, destacándose la segregación generada por la vías férrea desde Cerro Chepe hasta calle Esmeralda / Víctor Lamas.

Plano de Ubicación del Proyecto



C. **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

**METODOLOGÍA GENERAL**

De acuerdo a lo establecido en las bases técnicas y conforme a los objetivos definidos previamente, el presente estudio debe abordar aspectos tradicionales de modelación, diseño y evaluación social de proyectos de transporte urbano, que se enmarcan dentro de lo que se puede denominar un enfoque clásico. Se debe dejar presente que dentro de los análisis que se desarrollan en el presente estudio, de acuerdo a indicaciones de las bases de licitación, los beneficios cuantificables se obtendrán a partir de los consumos de recursos de vehículos motorizados (transporte público y privado), sin cuantificar posibles fuentes de beneficios o desbeneficios provenientes de los impactos al sistema de transporte ferroviario (transporte de carga y pasajeros).

En este sentido, en términos de transporte, el enfoque metodológico propuesto por el consultor considera fundamentalmente un análisis sobre la red vial estructurante de la ciudad de Concepción, que ha sido definida previamente en los estudios estratégicos y que estará basado en la implementación de redes de modelación SATURN y TRANSYT, con un nivel de detalle mayor dentro del área de proyecto, a objeto de poder analizar en forma precisa los conflictos operacionales que se pueden producir, a nivel de ejes e intersecciones. Luego, a partir de estas redes y considerando los resultados de la modelación SATURN-TRANSYT como un dato, se pretende implementar el modelo de microsimulación (AIMSUN NG) para apoyar las actividades propias del diseño, precisando los aspectos de diseño operativo.

En términos de diseño, el enfoque propuesto, tiene un alcance mayor al diagnóstico y desarrollo de alternativas de mejoramiento vial a nivel de anteproyectos. Desde la perspectiva del diseño, el problema de transporte en una ciudad puede ser abordado desde varias ópticas, algunas de las cuales privilegian consideraciones de tipo cuantitativo, como son la eficiencia, las capacidades de las vías y las velocidades de circulación, entre otros aspectos. Sin embargo, desde una óptica más amplia, es preciso reconocer la importancia del entorno, como así también de las actividades colectivas y de intercambio, que se realizan sobre el espacio público urbano. No sólo calles, sino plazas, parques, o simples recodos son escenario de la vivencia colectiva, cotidiana o eventual, que en su conjunto contribuyen a

definir la calidad de la vida de las personas. Esta visión será incorporada como complemento al diseño vial urbano y ferroviario, otorgándole al estudio un enfoque que incorpore como parte del análisis las interrelaciones del Sistema de Transporte Público y Privado (vial y ferroviario), con el Sistema de Actividades, dentro del cual se incluyen los elementos urbanísticos, ambientales, sociales, de uso de suelos y de planificación urbana.

Desde esta perspectiva, la metodología propuesta tiende a conjugar el mejoramiento vial entendido no sólo como un ejercicio de optimización de una infraestructura para una determinada demanda, sino como el mejoramiento urbano resultante de un enfoque que integre los aspectos propios del mejoramiento del nivel de servicio de la infraestructura, con la imagen, calidad y seguridad de vida de las personas.

Conforme a ello, desde el punto de vista urbanístico y ambiental, las principales necesidades metodológicas se referirán a la articulación entre los requerimientos de la vialidad y las demandas privativas de lo urbano e integración de las desviaciones, cruces y tratamientos de franjas en tal articulación. Ello se realizará mediante la consideración de las afectaciones de suelos, posibilidades reales de inserción y circulación lógica con el tejido urbano existente y tipo de tratamiento de la zona de franjas laterales. La optimización del uso de espacios viales existentes y la racionalización de la gestión vial, de la operación de la locomoción colectiva, de los flujos de vehículos de carga, cruces peatonales, estacionamientos y facilidades explícitas para la circulación de ciclistas, acarrearán un beneficio a todo el sistema urbano, mejorando su calidad ambiental en forma significativa.

- ***Aspectos de modelación, simulación y evaluación***

Para lograr los objetivos del presente estudio, el enfoque que se aplicará consiste en ejecutar las diversas etapas del estudio en forma secuencial en la mayor parte de estudio y otras (descritas más abajo) en forma paralela (en la medida de lo posible), cada una de estas etapas nos llevara a conocer cabalmente del problema planteado con sus objetivos y por ende la solución a este. El enfoque será una visión en que se conjuguen toda la información referida al proyecto, aspectos urbanísticos y de continuidad que se pretenden implementar en el eje.

- **Recopilación de antecedentes y estudios de base**

Corresponde a las tareas de recopilación de los antecedentes existentes previamente, sea que provengan de estudios del sistema de transporte previamente realizados o sea que estén contenidos en instrumentos normativos o regulatorios.

Con respecto a los estudios de base estos corresponde a la recopilación de toda la información necesaria para la modelación, entre ellos tenemos, estudios anteriores, en este caso el más importante de todos es el referente a Proyecto de Interconexión vial denominado "Mejoramiento Interconexión Vial Costanera Centro Concepción". Además de lo anterior se realizaran un levantamiento completo de toda la información relevante para el estudio entre ellas: Catastros Operativos para todas las intersecciones que se encuentran dentro de la red Inner definida; mediciones de tránsito (continuas y periódicas); mediciones de tiempos de viajes, catastro de transporte público (recorridos y frecuencias) etc.

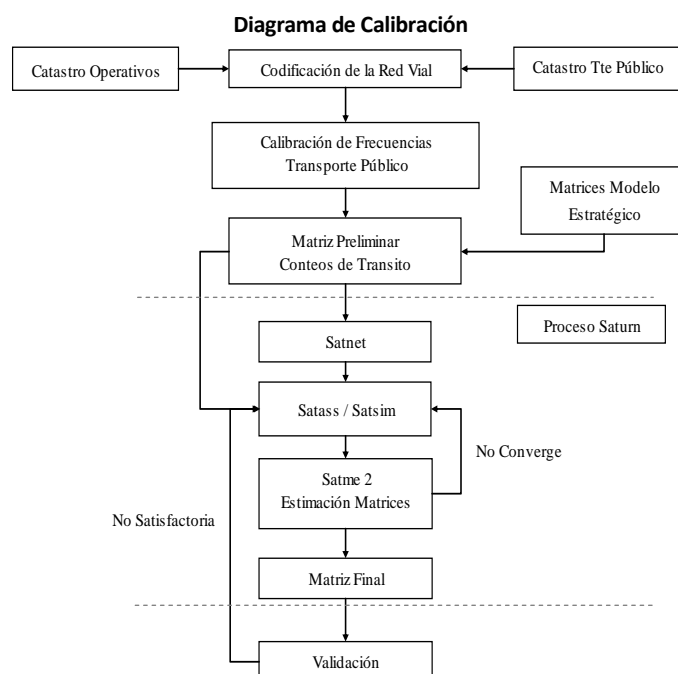
- **Calibración y modelación del sistema de transporte**

Para efectos de modelación se plantea el uso del modelo SATURN a nivel de la implementación de una red denominada Inner y en su entorno una red del tipo Buffer toda esta área enmarcada dentro del área de referencia, al respecto se plantea que al

menos la red inner será el área de estudio solicitado por bases, en la figura siguiente se propone la red que en principio será utilizará para el presente estudio.

Como parte del proceso de modelación de la situación actual se pretende realizar un proceso de calibración para el modelo de asignación SATURN en los diferentes periodos, este proceso consiste básicamente en la determinación u una matriz de viajes, de manera tal que al asignarla en la red modelada, esta matriz replique los flujos de transito medidos in situ. Este flujo medido debe ser además replicado en el modelo con el flujo de transporte público, para lograr lo anterior se distinguen varios procesos internos.

En el siguiente esquema se presenta la metodología general que se utilizará para la calibración de la situación actual:



- Diagnóstico y generación de alternativas de proyecto

Luego de la calibración de los modelos se realizará un diagnóstico identificando los principales problemas existentes en la actualidad. El resultado de esta etapa será una síntesis con los principales problemas actuales, debidamente jerarquizados.

Una vez definido los problemas del área de estudio, se realizará la generación de alternativas que serán evaluadas en dos periodos y dos cortes temporales.

- Evaluación preliminar y definitiva

En esta etapa se deberán desarrollar a nivel de prediseños las alternativas que hayan sido formuladas en la etapa anterior. Para tales efectos, es necesario previamente realizar los estudios de base necesarios en el área de diseño y, a partir de dichos antecedentes, se procederá a realizar los prediseños, estimándose los costos de inversión asociados, de tal manera que, al final de esta etapa, se pueda realizar la evaluación preliminar y selección de la alternativa que deberá ser sometida a anteproyecto.

Una vez definida la(s) alternativa(s) se desarrollarán los diseños de anteproyectos de las alternativas seleccionadas y, posteriormente, se procederá a realizar la evaluación económica definitiva, mediante la aplicación de los modelos de tránsito

propuestos, determinándose los costos y beneficios sociales conforme a la metodología tradicional de evaluación social de proyectos de vialidad urbana.

Las alternativas de proyecto que sean seleccionadas como parte de proceso descrito en la fase anterior, serán sometidas al diseño de anteproyectos. Al respecto se debe mencionar que, desde la fase anterior, se avanzará en la decisión sobre los diferentes perfiles tipo y las relaciones entre la definición de soterramiento como de las vías principales y transversales, entre otros aspectos. De esta manera, el diseño en planta deberá ser la esencia de diseño global, a partir de lo cual los otros aspectos de diseño deberán subordinarse a él.

Un aspecto adicional a la evaluación tradicional que se propone en el presente estudio, tiene relación con la incorporación de beneficios adicionales que traerá el proyecto de soterramiento de la línea Férrea, esto dice relación por ejemplo con el aumento del valor de los terrenos por la mejor accesibilidad que tendrán los paños ubicados entre la Av. Cardenal Raúl Silva Henríquez (Ex Av. Costanera) y Padre Hurtado en el sector de la estación de Concepción. La forma de incorporar esta mayor valor será definido con el mandante ya que no existe una metodología establecida. En una primera instancia se sumará la diferencia en precio como ingreso extra (en valor social), al menos se incorporará este aumento de precios de terrenos por el mejoramiento de conectividades viales en el análisis multicriterio.

- ***Aspectos de diseño vial y ferroviario***

En términos de diseño, además de las condicionantes morfológicas y/o topográficas de los ejes ferroviario y viales de proyecto, es necesario considerar aquellas derivadas del nivel de actividad, el entorno urbano y la demanda de transporte, que en gran medida pueden limitar las posibilidades de diseño.

En este sentido, tomando en consideración la necesidad de abordar los temas propios del transporte público y aquellos atingentes al transporte privado y en menor medida de carga, sin dejar de lado las restricciones económicas que puedan existir debido a la configuración geográfica y del entorno donde se emplazan los proyectos, se analizarán y propondrán alternativas destinadas a la provisión de una infraestructura más eficiente, en la cual se puedan establecer, por ejemplo, sector en que el tren puede ir en túnel o trinchera optimizando la conectividad superficial, ubicación específica de una estación de tren, mientras que en superficie se identificarán lugares específicos en donde se ubiquen los paraderos, sin que ello signifique una interferencia, ni perjudique la circulación de vehículos aguas arriba. Del mismo modo, en las áreas de mayor actividad, la interacción entre los distintos vehículos, incluyendo las bicicletas y los peatones, será un aspecto fundamental en el diseño y proposición de alternativas de proyecto.

Específicamente, en relación a las soluciones geométricas-operativas que sean propuestas, planteadas a partir de la interacción de diseños y simulaciones, estas no sólo estarán dirigidas a una operación más eficiente de la vialidad, sino que también deberán considerar los espacios adecuados para el desplazamiento de los distintos usuarios.

Especial atención se tendrá con las instalaciones subterráneas, dado que en sectores urbanos consolidados, imponen condiciones muy fuertes y las soluciones se deben analizar cuidadosamente de tal manera de asegurar su factibilidad técnica y económica. Para lo anterior, el catastro de estas instalaciones en terreno y consultas en los organismos pertinentes será fundamental dentro de las tareas iniciales del estudio, lo que se hace extensivo también para las instalaciones especiales de alimentación y comunicación del tren.

- **Aspectos urbanísticos y ambientales**

El uso actual y futuro de la infraestructura de transporte debe estar ligado al desarrollo urbano que experimente el área de estudio y la ciudad, es por este motivo que, a la luz de los actuales requerimientos de infraestructura, es necesario enfocar el problema desde una perspectiva urbana de mediano y largo plazo, considerando los cambios en los usos de suelos y su relación con el transporte, en términos de movilidad y congestión vehicular.

Conforme a lo anterior, en el área de urbanismo y ambiente, se desarrollará una propuesta de diseño que identifique aquellos elementos singulares de cada tramo, proponiéndose además de los dispositivos viales correspondientes, una serie de elementos de apoyo para los distintos usuarios del sistema vial (vehículos, bicicletas y peatones, entre otros), de tal manera de potenciar todos los recursos paisajísticos y patrimoniales existentes al interior de la faja y sus bordes.

El objetivo es plantear una propuesta integral, reconocible, amigable y que enriquezca los requerimientos de movilidad, de manera que no sea un agregado incoherente de gestiones puntuales, muchas veces precarias y que no siempre se concluyen. En este sentido, se plantea una propuesta para el espacio público, que permitan el desarrollo de elementos tales como: Definición de recorridos y zonas peatonales, Puntos de Tránsito e Intercambio Modal, mobiliario urbano y equipamiento, ciclovías, paraderos, zonas y fajas de estacionamientos, zonas y fajas de servicios, plazas, plazoletas y áreas verdes, líneas y ejes de arborización, accesos a recintos de gran demanda, entre otros.

La propuesta será planteada a nivel de alternativas preliminares y luego como anteproyecto, de manera de dejar claramente especificados los espacios que deberán ser considerados posteriormente, en la etapa de diseño de ingeniería de detalle.

#### **ETAPAS DE LA METODOLOGÍA**

Conforme al marco general establecido en los puntos anteriores, la metodología propuesta para la realización del presente estudio considera el desarrollo de diversas actividades relacionadas entre sí y que han sido organizadas en áreas temáticas específicas, no excluyentes, asociadas principalmente al diseño vial-urbano, a la modelación de transporte y a la evaluación social de proyectos, incorporando explícitamente aspectos territoriales y ambientales en la definición, desarrollo y selección de alternativas de solución.

Dicha metodología, se enmarca dentro de las pautas definidas en los manuales vigentes de diseño y evaluación social de proyectos de vialidad urbana, pertenecientes a organismos tales como el MOP, MINVU, MINTRATEL y SECTRA.

Sobre esta base, la metodología del estudio considera el desarrollo de las siguientes cuatro etapas, acorde a los lineamientos establecidos en las Bases de la Licitación, en términos de contenidos y número de informes:

- **ETAPA Nº 1:** Recolección de Antecedentes y Estudios de Base *(Informe 1)*
- **ETAPA Nº 2:** Desarrollo y Evaluación de Alternativas Preliminares *(Informe 2 y 3)*
- **ETAPA Nº 3:** Desarrollo y Evaluación de Anteproyecto *(Informe 4 y 5)*
- **ETAPA Nº 4:** Entrega de Resultados y Presentación del Estudio *(informe final)*

Se destaca que inicialmente el estudio consideraba sólo cuatro informes, no obstante producto del impacto del terremoto del 27 de febrero, ha sido necesario incorporado las

nuevas condiciones post terremoto, lo que ha generado un informe adicional, necesario para la definición y evaluación de la alternativa que se desarrolla finalmente a nivel de anteproyecto.

#### **D. RESUMEN DEL ESTUDIO**

Realizada la recolección de antecedentes y levantamiento de información de terreno, se realiza el diagnóstico del sistema de transporte y de aspectos urbanos del área de proyecto, obteniéndose las siguientes condicionantes de diseño para las alternativas de soterramiento y conectividad vial urbana.

La restricción más fuerte para conectar el centro de la ciudad con la costanera del Bío Bío lo generan las instalaciones ferroviarias (trasladar el área de desvíos para el armado y desarme de trenes, exigentes pautas de arrastre hacia los puertos, cruce ferroviario en el sector norte del área de proyecto, estación Concepción con tres vías, etc.), así como también la operación de este sistema para satisfacer el transporte de carga y pasajeros.

Respecto al transporte vial, está carente de conectividades importantes, que se resuelven en gran parte al soterrar las instalaciones ferroviarias.

En relación a las condiciones urbanas del sector en estudio, al igual que el sistema vial, esta está carente de conexión para la diversidad de usos y usuarios del espacio. Modificar la barrera que presentan las instalaciones de EFE en este sector mejoraría de gran forma los aspectos urbanos y ambientales del sector de estudio.

Luego, para poder responder a los requerimientos del objetivo del estudio, las condiciones están dadas específicamente por la factibilidad técnica, operativa y económica de poder generar alternativas de soterramiento de la vía ferroviaria. Las condiciones del resto de las instalaciones, son menores y están más bien asociadas a las inversiones requeridas para su reposición en el caso de ser afectadas por las soluciones de soterramiento del tren.

Respondiendo a las exigencias determinadas en el diagnóstico realizado, se consideraron cuatro familias de alternativas, cuya denominación proviene de la faja de emplazamiento ocupada, características del soterramiento o desnivel vial.

##### **Alternativa 1: Trazado por faja reservada en PRC (20 m) en trinchera cubierta**

Se ocupa la faja reservada de 20m del seccional Ribera Norte, soterrando tres vías hasta la estación, y entre Los Carrera y la conexión de Padre Hurtado con Pedro de Valdivia el tren se mantiene en trinchera tapada tipo túnel.

Permite conectar a nivel las siguientes calles: Los Carrera, Maipú, Freire, O'Higgins, San Martín, Cochrane-Eleuterio Ramírez y Chacabuco. También en el sector de Pedro de Valdivia Norte permite el cruce de peatones y se reconstruye el cruce vial en calle Ercilla, dado que la baja cota de la vía férrea lo permite.

##### **Alternativa 2: Trazado por faja ferroviaria actual en trinchera**

Se ocupa la faja que ocupa actualmente el trazado ferroviario, enterrando tres vías desde el enlace ferroviario hasta la estación en una profundidad de 6m, con pendientes del 0.9%. Esta vez no se tapa el cajón, por lo que se materializa una trinchera abierta.

Entre Los Carrera y Chacabuco, se puede conectar la vialidad mediante puentes sobre la trinchera. Cruzan las siguientes calles: Los Carrera, Maipú, Freire, O'Higgins, San Martín, Eleuterio Ramírez y Chacabuco. Desde Esmeralda al Sur se mantiene abierta



la trinchera hasta subir a la cota actual de la vía del tren, dejando sin conexión a peatones y vehículos, de manera similar a lo que ocurre desde Los Carrera hasta el cruce ferroviario al norponiente del área de proyecto.

Por continuidad urbana, además se genera una tapa para conectar el parque central a ambos costados de la trinchera. Esta estructura se propone para uso de peatones.

Se elimina el patio de desarme de trenes, por lo que se debe reubicar al sur del soterramiento de la vía del tren.

En esta alternativa, al generar una intersección a nivel entre Padre Hurtado y Los Carrera, se producen desbeneficios importantes por el aumento en tiempos de espera, razón por la que se analiza una variante que desnivela el flujo que se cruza en esta intersección bajando dos pistas de Padre Hurtado hasta superar Los Carrera y subir antes de Maipú.

### **Alternativa 3: Trazado por faja actual en trinchera cubierta**

El trazado ferroviario es similar al de la Alternativa 2 (faja actualmente ocupada por EFE), pero ahora se baja hasta una profundidad de 7,5 m, de tal manera de materializar una trinchera cubierta (tipo túnel) desde Los Carrera hasta Chacabuco.

### **Alternativa 4: Desniveles viales**

Esta familia de alternativas mantiene el tren a nivel y se propone desnivelar como paso inferior al menos las calles: O'Higgins y Chacabuco, las que cruzan por debajo de Padre Hurtado, vías ferroviarias actuales y Binimellis.

Opcionalmente también se analizó la posibilidad de desnivelar Sanhueza, pero esta genera impactos de discontinuidad importantes en el eje Padre Hurtado, por lo que finalmente no se considera dentro esta solución.

Con esta solución, dado que las calles que se desnivelan presentan una faja restringida, no se puede materializar vías locales y se pierde la conectividad de éstas con Padre Hurtado y Binimellis.

Se propone una variante que consiste en desplazar Padre Hurtado a la faja de 20 m reservada en el seccional de Ribera Norte, de tal manera de conectarla adecuadamente a las vías que se desnivelan y luego cruzar por debajo del tren y Binimellis.

Del análisis de estas cuatro alternativas, se desprendieron los siguientes resultados que llevaron a recomendar la alternativa que pasa a la fase de anteproyecto.

- La familia de alternativas de desniveles viales (Alternativa 4) permite obtener indicadores de rentabilidad social favorables, sin embargo desde el punto de vista de impactos desfavorables de conectividad espacial urbana, para usuarios motorizados y no motorizados, se llegó a la determinación que no cumple con los objetivos del estudio.
- Respecto a la familia de Alternativa 1, esta reporta los peores indicadores de rentabilidad por ser la de mayores inversiones, también es la que presenta mayores riesgos en cuanto a inversiones y operación del sistema. Es decir, es una alternativa que técnicamente y económicamente presenta muchos riesgos al disponer de espacios muy reducidos afectando un sin número de edificios adyacentes, en la fase constructiva y de servicio, dado que los trenes de carga inevitablemente generarán vibraciones perceptibles en los edificios adyacentes a las estructuras de soterramiento.

La operación de la estación también será muy compleja, dado que trenes de carga con motores diesel circularán, sin disponer de los espacios ideales para disponer de una ventilación adecuada, generando riesgos de contaminación en usuarios del transporte de pasajeros en la estación de Concepción.

- Dentro de las alternativas de trazado, la que se presentan con mejores impactos sobre el sistema urbano de la ciudad corresponden a las que se emplazan por el trazado actual ferroviario, que se han analizado como Alternativa 2 y Alternativa 3. La Alternativa 2 es la que presenta los mejores indicadores de rentabilidad por ser más económica para un mismo nivel de beneficios, y desde el punto de vista urbano la mejor solución es la que ofrece la Alternativa 3.

A partir de lo anterior, se estimó que para la etapa de anteproyecto se trabaje en primer lugar en alternativas de emplazamiento sobre la faja actual del tren, descartando la Alternativa 1 y la Alternativa 4. Respecto a las Alternativa 2 y Alternativa 3, considerando que se puedan incorporar en la evaluación beneficios no sólo obtenidos del sistema de transporte vial, sino que también de aspectos urbanos y ambientales, como los indicados anteriormente, se acordó trabajar en la fase de anteproyecto a partir de la solución propuesta en la Alternativa 3.

Al inicio del desarrollo del anteproyecto, cambiaron las condiciones de diseño del proyecto, debido al terremoto del 27 de febrero de 2010. Si bien se mantuvo la decisión de seguir adelante con la Alternativa 3, se incorporaron nuevas condiciones de diseño y se propusieron ajustes a la solución, antes de realizar el anteproyecto de las obras definitivas.

- Cambio de operación de camiones. Se prohíbe circulación de camiones por el Puente Juan Pablo II y se restringe su circulación por el Puente Llacolén, en que en el periodo de AM no pueden circular camiones.
- Incorporación del Puente Chacabuco para el tránsito de todo tipo de vehículos. Además, se asume que en el año 2013 se encontrará operativa la segunda calzada con ello el puente tendrá 4 pistas por sentido.
- Cambio de operación en el puente Juan Pablo II desde P.A. Cerda hasta la Costanera, con la implementación de 3 pistas a Concepción y dos pistas sobre P.A. Cerda.
- Un aspecto menor, pero no menos importante tiene relación con la prohibición de virajes en algunas intersecciones en Concepción y San Pedro de la Paz.
- Pavimentaciones menores: Aurora de Chile
- Cambios en las condiciones de terreno, en el área de proyecto.

Incorporando los ajustes anteriores, se procedió finalmente a desarrollar el anteproyecto y evaluarlo socialmente, obteniéndose los siguientes resultados definitivos.

La evaluación social del anteproyecto según metodología clásica de MIDEPLAN, que determina beneficios a partir de los ahorros en tiempos de viaje y en consumo de recursos de usuarios del sistema de transporte urbano que ve mejorada su condición de movilidad por las obras propuestas, arrojó los siguientes resultados:

Moneda de evaluación:	\$ del 31 de diciembre de 2010
Inversión social:	\$ 51.432.780.162
Valor residual	\$ 38.070.554.095
Tasa de descuento social	6%
Horizonte de evaluación	20 años (2013-2032)
Año de inversión inicial	2012
<b>VAN</b>	<b>\$ - 12.290.041.147</b>

<b>TIR</b>	<b>4,01 %</b>
<b>Año óptimo de Inversión</b>	<b>2023</b>

Los indicadores de rentabilidad desfavorables obedecen principalmente a que las obras requeridas para lograr los objetivos del estudio con un nivel de servicio adecuado para usuarios motorizados y no motorizados del sistema de transporte urbano, requieren de una inversión muy elevada (a nivel privado supera los 150 Millones de dólares).

Por la envergadura del proyecto se estima que la etapa de ingeniería y construcción, requiere de plazos probablemente superiores a los 4 años, lo que genera que la eventual puesta en servicio del proyecto se acerque al año óptimo de inversión, lo que permite pensar que es razonable avanzar en las fases siguientes (ingeniería definitiva y luego construcción).

Del análisis de sensibilidad se obtuvo que si estas inversiones disminuyen entorno al 25%, el proyecto es rentable a partir del año 2013. Lo mismo ocurre si los beneficios aumentan sobre el 46%. Ambas situaciones son difíciles de lograr, por las características del sistema de transporte afectado y la envergadura de las obras de infraestructura necesarias.

De la estructura de las inversiones, se destaca que los montos mayores (cercano al 80%) son absorbidos por las obras ferroviarias y estructuras necesarias para lograr el soterramiento de las vías del tren, obras que lamentablemente no se pueden realizar por etapas, lo que no permite proponer un programa de inversiones que mejore la rentabilidad del proyecto.

No obstante el resultado de la evaluación clásica, que es el que permite seguir desarrollando el proyecto con recursos determinados a través del plan de inversiones públicas a nivel nacional, se destaca que el proyecto propuesto presenta una serie de ventajas beneficiosas, que hacen recomendable que se siga con su desarrollo, buscando eventualmente financiamientos alternativos.

- a) La recuperación (accesibilidad) de suelos fiscales y privados, que se genera al mejorar la conectividad de sitios segregados actualmente de la ciudad por la presencia de la vía férrea a nivel, genera beneficios directos a los dueños, los que se estimaron en el informe, obteniéndose los siguientes resultados:

La **evaluación privada** que considera beneficios obtenidos directamente por la venta de terrenos fiscales, además del retorno por el aumento en el nivel de impuesto territorial (bajo el supuesto que los suelos recuperados tendrán valores y constructibilidad similares a los que presentan los suelos del sector céntrico), entregó indicadores de rentabilidad favorables:

Inversión privada:	150 Millones de dólares
TIR:	8,1%
VAN:	25 Millones de dólares

Este resultado indica que si el estado actuara como privado, con una tasa del 6%, la ganancia obtenida en la recuperación de los suelos hace que sea favorable realizar el proyecto de soterramiento.

Ahora bien, la **evaluación social** por la recuperación de suelos, donde los beneficios provienen solamente del incremento en el valor de los suelos fiscales y no se puede considerar la componente asociada al impuesto territorial, los resultados de la evaluación fueron desfavorables:

Inversión privada:	112 Millones de Dólares
TIR:	3,6%
VAN	-15 Millones de Dólares

Los beneficios obtenidos en este análisis, al tener un origen común al que genera los beneficios por conceptos de transporte, no pueden ser sumados, lo que no nos permite mejorar los indicadores de rentabilidad tradicionales.

- b) Desde el punto de vista urbano ambiental, el proyecto propuesto presenta una situación favorable, con beneficios importantes para usuarios no motorizados, los que no se ven recogidos en la evaluación clásica.
- c) A partir del análisis de un modelo de financiamiento de las obras de la solución propuesta, se concluye que al no obtener una rentabilidad favorable, se recomienda financiar el estudio de ingeniería definitivo con aportes no tradicionales, con el objeto de dar continuidad con las fases del estudio y exigir compatibilidad en las intervenciones que se realicen en el área de intervención directa del proyecto.

Luego, para la ejecución de las obras, se recomienda que se implemente una Gerencia de Proyectos a cargo de la planificación y diseño del proyecto, desde sus etapas iniciales. Por la importancia que en este proyecto tiene la componente ferroviaria, se recomienda que dicha Gerencia esté en estrecha relación con la Empresa de Ferrocarriles del Estado.

Debido a que los beneficios privados producto de este proyecto los percibiría fundamentalmente el Fisco de Chile, a través del aumento en los valores de las contribuciones, el financiamiento para esta obra debería provenir de fondos fiscales que deberían ser transferidos a la empresa EFE quien a su vez debería transferirlo a su filial FESUB S.A. para el exclusivo fin de la materialización de las obras de este proyecto.

Finalmente, de los resultados de la evaluación clásica, del análisis de otros posibles beneficios del proyecto (conectividad y accesibilidad urbana que beneficia a usuarios motorizados y no motorizados, seguridad, recuperación de suelos, etc.), y de la identificación de posibles fuentes de financiamiento, se desprende que es recomendable seguir con el desarrollo de la fase siguiente del estudio (ingeniería definitiva), y durante su desarrollo, las intervenciones que se realicen en el área de proyecto se hagan de manera consistente con la solución propuesta, lo que permitirá disminuir las inversiones evaluadas y con ello mejorar los indicadores de rentabilidad.

## **E. ESTRUCTURA DEL INFORME FINAL**

El contenido del Informe Final del estudio se reporta en los siguientes documentos que se presentan en formato papel, más algunos anexos que solo se reportan en formato digital.

### **VOLUMEN I: ESTUDIOS DE BASE Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**

#### **Tomo 1: Memoria**

- 1) Recopilación de antecedentes
- 2) Caracterización área de proyecto
- 3) Definiciones básicas de modelación
- 4) Estudios de base de tránsito
- 5) Estudios de base infraestructura
- 6) Estudios de base de urbanismo y ambiente
- 7) Implementación de modelos de tránsito
- 8) Diagnóstico de la situación actual
- 9) Planteamiento general de alternativas de proyecto
- 10) Evaluación y selección de alternativas

#### **Tomo 2: Anexo Antecedentes Mecánica de Suelos**

#### **Tomo 3: Anexo Catastros Estudios de Base**

#### **Tomo 4: Planos Estudios de Base y Alternativas Preliminares**

### **VOLUMEN II: ANTEPROYECTO Y EVALUACIÓN DEFINITIVA**

#### **Tomo 1: Memoria**

- 1) Definición de la solución vial urbana definitiva
- 2) Anteproyecto vial
- 3) Anteproyecto ferroviario
- 4) Anteproyecto diseño urbano y expropiaciones
- 5) Anteproyecto estructuras
- 6) Anteproyecto reposición de servicios
- 7) Anteproyecto de desvíos
- 8) Estimación de inversiones
- 9) Modelación y evaluación social definitiva
- 10) Documentos Anexos Memoria

#### **Tomo 2: Planos Anteproyecto**

Caja 1: Anteproyecto Vial

Caja 2: Anteproyecto Ferroviario

Anteproyecto Diseño Urbano y Expropiaciones

Anteproyecto Estructuras

Anteproyecto Reposición de Servicios

### **VOLUMEN III: INFORME EJECUTIVO**

### **VOLUMEN IV: ANIMACIÓN AUDIOVISUAL DEL ANTEPROYECTO**

### **VOLUMEN V: INFORME FINAL (FORMATO DIGITAL)**