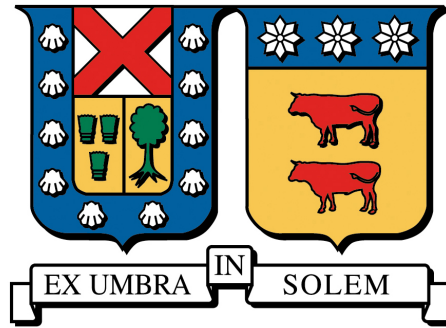




**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS**

**IMPACTO ECONOMICO-SOCIAL-AMBIENTAL ANTE UN**  
**POSICIONAMIENTO DE TRENES DE CARGA EN CHILE**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO**  
**CIVIL INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**SERGIO LARRAIN**

**PROFESOR GUÍA - PROFESOR CORREFERENTE**

**JAVIER SCAVIA - JOSE MIGUEL GONZALEZ**

**8 DE OCTUBRE DE 2019**

## TABLA DE CONTENIDOS

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Problema de Investigación</b>             | <b>3</b>  |
| <b>2. Objetivos</b>                             | <b>6</b>  |
| 2.1. Objetivo General . . . . .                 | 6         |
| 2.2. Objetivos Especificos . . . . .            | 6         |
| <b>3. Levantamiento de Información</b>          | <b>8</b>  |
| <b>4. Implementaciones exitosas en el mundo</b> | <b>21</b> |
| 4.1. Alemania . . . . .                         | 21        |
| 4.2. Australia . . . . .                        | 26        |
| 4.3. Inglaterra . . . . .                       | 30        |
| 4.3.1. Infraestructura y Servicios . . . . .    | 31        |
| 4.3.2. Transporte de Carga . . . . .            | 32        |
| 4.4. Estados Unidos . . . . .                   | 34        |
| 4.5. México . . . . .                           | 38        |
| 4.6. Brasil . . . . .                           | 40        |
| <b>5. Impacto</b>                               | <b>43</b> |
| <b>6. Metodología</b>                           | <b>50</b> |
| 6.1. Social . . . . .                           | 50        |
| 6.2. Ambiental . . . . .                        | 54        |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 6.3. Económico . . . . .                               | 58        |
| <b>7. Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones</b> | <b>62</b> |
| 7.1. Conclusiones . . . . .                            | 62        |
| 7.2. Limitaciones . . . . .                            | 64        |
| 7.3. Recomendaciones . . . . .                         | 64        |
| <b>REFERENCIAS</b>                                     | <b>66</b> |
| <b>8. Anexos</b>                                       | <b>75</b> |

# 1. Problema de Investigación

En el siglo XVIII, los trabajadores de diversas zonas mineras de Europa, descubrieron que las vagonetas cargadas se desplazaban con más facilidad si las ruedas giraban guiadas por un carril hecho con planchas de metal. Con esto comienza una nueva forma de transporte, el cual revolucionaría los movimientos de carga, tanto en distancia como en tiempo, fomentando la rápida extracción de los recursos en mayores proporciones que antes imaginadas.

Con esta nueva obra de ingeniería, los procesos de movimiento se aceleraron, dando un gran golpe en el desarrollo en todos los campos; económico, social, político y sobretodo en el territorio, donde nuevos lugares, nuevos asentamientos comienzan a germinar producto de esta sinergia que se estaba incubando en los diferentes países del viejo continente y del mundo. (Danbuge, 2009)

La industria ferroviaria fue implementada con éxito en 1829 con la consolidación de la vía Liverpool-Manchester en Inglaterra. Desde ese día el mercado ferroviario (tanto de carga, como de pasajeros) empezó a crecer fuertemente en todo el mundo. (CADENASER, 2017)

El tren llegó a Latinoamérica a través de Cuba, diez años antes que a España. La primera línea fue entre La Habana y el pueblo de Bejucal. Se inauguró en 1837, es decir, sólo doce años después de existir en Inglaterra. (TuHistory, 2018)

Según Danbuge: "El ferrocarril en América del Sur llegó por primera vez a la ciudad de Lima, Perú, la cual unió Lima y el Callao en 1851. Esta línea férrea fue la culminación de proyectos iniciados en 1826 y concretados en el Gobierno de Castilla.

El primer ferrocarril de Brasil comenzó en 1854 y los ingenieros ingleses inauguraron su primer tranvía. En Chile entre una de las primeras líneas de América del Sur, se instalaron 1851 entre Copiapó y Caldera. El trayecto total tenía 81 kms. de longitud hasta Copiapó. En Junio de 1851 llegó la primera locomotora, en Julio del mismo año la línea funcionó hasta Monte Amargo y ya, en el mes de Diciembre 1851 todo el trayecto era transitable. El gran auge minero provocó en aquella época una rápida ampliación del tendido ferroviario, para poder extraer con mayor rapidez el recurso minero, para luego ser transportado hacia el puerto y de ahí en barco al extranjero.

Luego de la implementación de la vía Copiapó y Caldera le sigue la construcción desde Copiapó, hasta Puquito y así sucesivamente, lo cual ha ido conectando el territorio por medio de esta vía. Primero se utilizó de una forma de carga, pero más adelante comenzó a ser usada para el transporte de la población, pero a partir de los años 50 el ferrocarril perdió su importancia y en 1978 terminó el transporte público de personas. En los 2000, solamente se mantienen algunas líneas con poco tráfico de carga. Aunque estaba muriendo este proceso se generó una dinámica, donde a los trabajadores de las estaciones les hicieron entrega de terrenos por parte de los empleadores para que pudieran vivir allí, formándose poblaciones y asentamientos en esos lugares".

Por lo que, se ve una clara oportunidad para el desarrollo del país, el cual consta del crecimiento del transporte ferroviario de carga, ya que éste es un gran aporte para la economía, debido a su capacidad de llevar mucha carga por tramos muy largos. Esto es beneficioso, ya que los costos logísticos del país disminuirían considerablemente, además apoyaría al medioambiente, porque este medio de transporte puede llevar más carga que varios camiones, y a la sociedad vial, debido a su implementación, las carreteras se verían más limpias de camiones.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Determinar una estimación del aporte que entrega el transporte de carga del tipo ferreo, a través de análisis de impacto de ciertos tópicos económicos, sociales y ambientales que ocasionan versus el modo de transporte rudamentario, utilizando datos que permiten medir el impacto de sus trenes y camiones que utilizaron países desarrollados y resultaron exitosos en su implementación de sistema ferroviario.

### 2.2. Objetivos Especificos

Validar monetariamente la ventaja competitiva que tiene el transporte de modo ferroviario sobre el transporte con camiones, junto a estudios comparativos que existen publicados.

Identificar fortalezas del modo de transporte de carga ferroviario y sus beneficios económicos, con análisis cuantitativo y cualitativo.

Cuantificar la contaminación del modo ferroviario y crear una comparativa con el transporte de camiones, a través de recopilación de información sobre las características técnicas de estos transportes.

Formular modelos conceptuales e hipótesis sobre aspectos positivos del impacto social en las vías rudamentarias y su relación con la cantidad de camiones que utilizan estas vías,

estableciendo constructos y escalas de medición asociadas.

Proponer un apoyo a la red ferroviaria para que el desarrollo de este modo de transporte evolucione, y en el mercado de transporte de carga haya más oferta, a través de una simulación de posibles escenarios de como estaría la proporción de transporte entre estos dos modos.

### 3. Levantamiento de Información

Desde sus inicios, el ferrocarril ha sido un medio de transporte esencial para el desarrollo de Chile. Comenzó a funcionar a mediados del siglo XIX (Memoria Chilena, 2018) y hasta el día de hoy se ven las ventajas que tiene este medio de transporte, en materia tanto de pasajeros como de carga. Es catalogado como uno de los transporte más confiable, seguro y querido por la gente.

El desarrollo ferroviario fue intenso hasta la década de 1960, posterior a esa década tuvo un progresivo deterioro que afectó profundamente la situación de la empresa y el transporte ferroviario en general.

En el gobierno militar se privatizó en algunas regiones del norte del país, y junto a una mala gestión empezó el deterioro de este tipo de transporte. (El País, 1989). Recién en el 2010 empezó a tomar nuevamente fuerza por parte de EFE (Empresa de Ferrocarriles del Estado) para impulsar el desarrollo ferroviario (tanto de pasajeros como de carga) y está tomando una posición de importancia dentro de los sistemas de transporte del país. (EFE, 2013)

Hoy en día, la oferta de transporte ferroviario es conformado por 5.622 kilómetros de vías que pueden ser operadas (MTT, 2018) (existen aproximadamente 1900 km en desuso en la zona norte del país, de las cuales, la empresa a cargo es una empresa privada llamada Ferronor (MTT, 2013)).

La Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE) participa en el transporte de carga en conjunto con empresas privadas: Fepasa y Transap (EFE, 2018). Desarrollan la operación ofreciendo servicios de transporte a los generadores de carga, mientras 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).

En EFE indicaron que Fepasa moviliza cerca del 70 % de la carga de su red, mientras que el 30 % corresponde a Transap.

En cambio, en la red Norte (la que comienza desde La Calera), está privatizada por varias empresas, de las cuales la que más dominio de vías tiene como se mencionó anteriormente.<sup>es</sup> Ferronor con un 76,15 %, pero sólo tiene operativo el 13,24 % de la totalidad de las vías férreas (MTT, 2013).

Estas líneas han sido operadas desde el siglo XIX por concesiones otorgadas por el Estado para la construcción y operación. Diversas empresas del rubro son dueñas de vías férreas transversales, mientras que Ferronor es propietaria de las longitudinales la cual es responsable de la mayoría de las rutas y conecta los sectores productivos con puertos (CCHC, 2018).

La repartición de estas vías se muestran junto a otros indicadores de interés, las cuales

se muestran en la siguiente tabla:

| Empresa                                                       | Longitud de red (km) | Tonelaje transportado [MMton/año] | Indicador de utilización de la infraestructura [Mton/km] |
|---------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Vías: EFE<br>Servicios: Fepasa y Transap                      | 2.140                | 8,0 Fepasa<br>3,5 Transap         | 5,3                                                      |
| TOTAL RED CENTRO-SUR                                          | 2.140                | 11,5                              | 5,3                                                      |
| Ferromor                                                      | 2300                 | 7,0                               | 3,0                                                      |
| Ferrocarril Antofagasta – Bolivia, (FCAB)                     | 555                  | 5,0                               | 9,0                                                      |
| Compañía Minera del Pacífico CMP, (Romeril), servicio privado | 38                   | 2,5                               | 52,6                                                     |
| Sociedad química y minera, SQM (Tocopilla), servicio privado  | 127                  | 2,0                               | 15,7                                                     |
| TOTAL RED NORTE                                               | 1.120                | 16,5                              | 14,7                                                     |

Cuadro 3.1: Información sobre actuales empresas ferroviarias y sus índices. Fuente: Plan de impulso a la carga ferroviaria (2013) - Subsecretaría de transportes.

El transporte de carga en la red de EFE, muestra un interesante crecimiento en el primer trienio y estabilidad a partir de entonces, en torno a los 11,5 millones de toneladas. El crecimiento en la zona norte, que moviliza del orden de 16,5 millones, también ha sido leve, lo que frente a la expansión del transporte por camión le ha hecho perder participación relativa (MTT, 2018). Chile, actualmente transporta 300 millones de toneladas a lo largo del país, de los cuales el medio ferroviario sólo mueve 28 millones (un 9,3%). EFE mueve un 3,8 % y el resto lo mueve las empresas privadas del norte .

Según los registros del sector portuario, la participación del tren como movilizador de la carga es baja, tal como se muestra en la Figura 1:

### Modo ferroviario en la carga portuaria

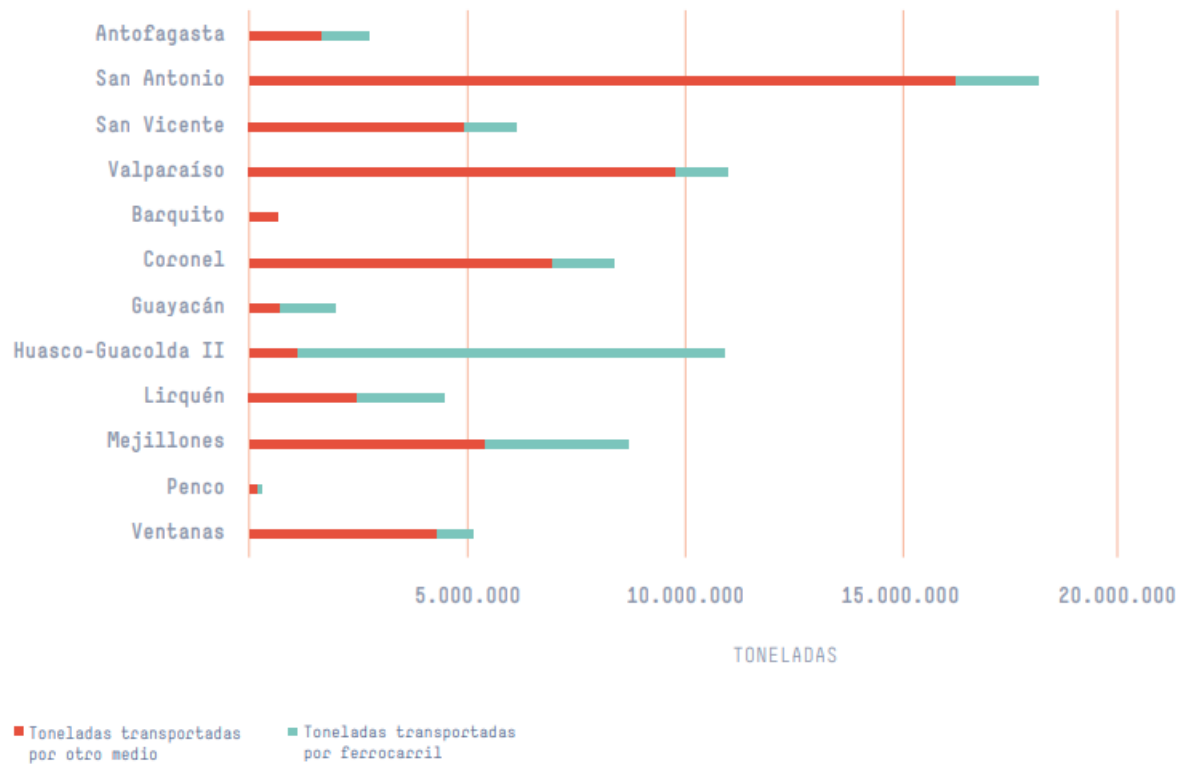


Figura 3.1: Gráfica comparativa de carga en puerto entre medio ferroviario y otros medios  
Fuente: informe infraestructura crítica para el desarrollo (2018) - Cámara Chilena de la Construcción.

Se puede apreciar que existe un fuerte movimiento de carga ferroviaria en el sur, ya que la industria forestal es la mayor usuaria del sistema siendo un 46 % de la carga movilizada en tren. Después le sigue el área de la minería con un 22,8 % y el área industrial con un 18,65 %.

En países de la OCDE (como Estados Unidos y Australia) mueven alrededor de un 40 % de su carga a través de este medio (RevistaEI 2015), una cifra muy lejana a la que posee Chile (9,3 %), lo cual es un gran desafío a nivel país llegar a estas cifras para llegar a ser

un nación desarrollada. EFE en su Plan Estratégico, plantea el objetivo de lograr que la carga movilizada por ferrocarril represente un 20 % del total.

Los costos logísticos se elevan a un 18 % y se duplican a la de los países de la OCDE. Por esta razón hay que impulsar el medio ferroviario para disminuir esta cifra, ya que el tren ofrece una mayor capacidad de transporte y un menor consumo, el cual es de un 75 % por tonelada/kilómetro menos frente al camión. Por ende el sistema férreo reduce los costos logísticos del comercio exterior, además presenta bajos niveles de accidentes, lo que es un beneficio muy eficiente, tanto para la confiabilidad logística como para la seguridad de las personas.

Se está buscando impulsar la inversión ferroviaria a través del Ministerio de Desarrollo Social para que se realicen mejores obras de vías y así los trenes se puedan mover a una mayor velocidad (40 km/hr actual) y elevar de 19 ton a 25 ó 28 ton. por eje movilizado. Las vías actuales están en mal estado y se está evaluando si arreglar estas vías o implementar nuevas.

En los países desarrollados se ha puesto la mirada al ferrocarril para presentar una mayor paleta de opciones de transporte de carga a los usuarios. De la misma manera, en Chile, aprovechando las oportunidades de nuevas demandas que se presentan, se requiere reactivar la eficiencia y competitividad de este modo de transporte, el cual ha sufrido un estancamiento pese a tener menores costos de operación y menos externalidades negativas, como riesgos de accidentes y congestión que el camión.

En el 2013, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT) propuso un plan de impulso a la carga ferroviaria (PICAF, 2013), el cual tenía como objetivo que EFE duplicara la carga que transporta para 2020. En éste, muestra algunas diferencias, donde claramente el medio ferroviario es la mejor opción en términos de costos logísticos y cantidad de toneladas transportadas como se puede ver en la siguiente tabla:

| Carga                                       | MM ton/año | Número de camiones equivalentes a un convoy | Razón de costos (Costo Camión / Costo Tren) |
|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Hierro en la macrozona norte                | 6,00       | 75                                          | 2,6                                         |
| Cobre metálico en la macrozona centro       | 0,34       | 62                                          | 2,4                                         |
| Concentrado de cobre en la macrozona centro | 0,80       | 50                                          | 2,6                                         |
| Ácido sulfúrico en la macrozona centro      | 1,00       | 69                                          | 1,7                                         |
| Celulosa en macrozona sur                   | 1,60       | 60                                          | 4,5                                         |

Cuadro 3.2: Comparativa de carga entre camiones y trenes. Fuente: Plan de impulso a la carga ferroviaria (2013) - Subsecretaría de transportes.

Según estos datos los costos unitarios de movilizar la carga por ferrocarril son inferiores al 50 % de los costos por camión. Si bien este estudio muestra condiciones ideales de transporte y excluye algunos costos de porteo en que debe incurrir el ferrocarril, el resultado es ilustrativo sobre las ventajas del modo en estos casos emblemáticos.

Entre otras ventajas que otorga este medio sobre el camión son:

- Mayor regularidad de la cadena logística: Gracias a los sistemas de planificación detallada de tráfico y control de itinerarios que ofrece el sistema ferroviario se puede

garantizar una regularidad de tiempos de entrega.

- Respaldo de redes ante episodios críticos: Al tener una mayor variedad de oferta, el país podrá responder mejor ante catástrofes naturales o sociales.
- Menor riesgo de accidentes: Al moverse en sus propias vías, éste medio evita la interacción con otros vehículos.
- Menores emisiones atmosféricas: Al utilizar menor cantidad de trenes para moverse, esto atrae consigo una menor contaminación, tanto a nivel local (material particulado) como global (CO<sub>2</sub>).
- Menor congestión en carreteras: El único impacto que tendría en la carreteras serían los cruces ferroviarios, lo cual es sumamente menor a los cruces en la vía de los camiones.

Actualmente EFE establece objetivos más inmediatos de acción a través de un Plan Trienal de Inversiones. Ese es el documento oficial en que la empresa asume compromisos de ejecución para los recursos que el Estado le asigna. Algunos de los proyectos presentados antes forman parte del Plan Trienal.

En su versión 2017-2019, el Plan Trienal considera lo siguiente:

- Continuidad operacional crítica: este primer grupo de inversiones está destinado al aumento de seguridad de los servicios y a asegurar la disponibilidad de la infraestructura adecuada para funcionar.
- Productividad operacional: el objetivo de este tramo de la inversión es aumentar la productividad y eficiencia de todas las operaciones de la empresa.

- Aumento de transporte de carga: tal como su nombre lo indica, se espera fomentar el crecimiento del transporte de carga de manera significativa (siguiendo lo propuesto en el PICAFA y Plan Maestro)
- Aumento de transporte de pasajeros: se espera entregar un mejor servicio a los clientes con el fin de que este modo sea inclusivo, seguro, puntual, cómodo y predecible, todo para lograr una mejor experiencia de viaje.

Por parte de Ferronor, también está haciendo operaciones, pero en la zona de Antofagasta, con un proyecto de reimplementación de la ruta Antofagasta-Salta (ElNortero), pero se encuentra en una gran zona, en la cual hay cientos de kilómetros de vías sin usar y que locatarios como Coquimbo exigen que vuelva a funcionar (Diario El Dia), incluso una empresa portuaria coquimbana ya empezó a reactivar las líneas férreas que están cerca del puerto para disminuir la congestión de camiones y optimicen el abastecimiento del puerto con distintos medios de transporte de carga. (Portal Portuario).

Esta empresa cuenta con una trocha métrica en la totalidad de su vía troncal (desde La Calera hasta Iquique)(Ferronor), mientras que EFE es de trocha 1.676 mm (66”), con la excepción de dos tramos en operación, Los Andes-Río Blanco (35 km) y Talca-Constitución (89 km), y uno abandonado, Monte Águila-Polcura (73 km), que son de trocha métrica(Subtrans, 2007).

Según EFE, en el Reglamento de tráfico ferroviario (2017): “La velocidad máxima permitida, en vías de trocha de 1,676 metros, será de 30 Km/h en los patios y en los sectores de cambios, es de 20 Km/h.

La velocidad máxima permitida en las vías férreas de trocha métrica, será de 20 Km/h en los patios y en los sectores de cambios, es de 10 Km/h.”, Ferronor también utiliza este reglamento en sus vías.

Según la Asociación de Ingenieros de Colombia (2011): ”La diferencia de ancho de las trochas afecta directamente a los trenes en su operación de servicios, disponibilidad de material rodante y sus costos. La trocha ancha es utilizada por la mayoría de los países del mundo para el transporte de grandes distancias y alta velocidad, ésta cuenta con capacidad de carga dos veces mayor que la métrica y como sus trenes pueden desplazarse a más del doble de velocidad permite capacidades de transporte entre cuatro y cinco veces mayor. Permite utilizar locomotoras de mayor potencia para transportar mayores volúmenes de carga en trenes más largos.

El material rodante para trocha estándar es de fabricación en serie y cuestan la mitad por unidad de potencia o de capacidad de carga de lo que cuestan los equipos para trocha angosta. La fabricación de trenes para trocha angosta se hace exclusivamente sobre pedido y tienen plazos de entrega dilatados.

El valor del transporte por tonelada/km en trocha ancha entre ocho y diez veces más barato que en trocha métrica, porque la relación de velocidad de 2.5 entre vía métrica y ancha hace que el tiempo de ocupación de esta vía es tantas veces menor, lo cual le permite correr más trenes en iguales tiempos.”

Segun Alvarez-Palau: "La infraestructura férrea permite mejorar considerablemente la competitividad de aquellas regiones conectadas. La extensión de la red propicia una importante reducción de los costes de transporte. Al mismo tiempo, las mejoras inducidas sobre los asentamientos permiten alterar las dinámicas migratorias y revertir el rango territorial de las localidades más accesibles.

Es también obvio que toda intervención infraestructural tiene carácter permanente. Se refuerza así la necesidad de proyectar de forma integral desde la fase de planificación previa hasta la propia ejecución de la obra. Incluso es importante prever su posterior gestión.

Cada agente implicado debe actuar valorando todas y cada una de las consecuencias de las decisiones tomadas, puesto que los impactos causados pueden ser irreversibles. Por ejemplo, un asentamiento no conectado a la red puede perder impulso frente a competidores que sí lo estén. Del mismo modo, un diseño inapropiado puede incrementar de forma exponencial los costes de las obras, pero también causar impactos ambientales y paisajísticos desmesurados.

Incluso, en casos extremos, se puede llegar a crear una barrera física insalvable para el correcto desarrollo de la flora y la fauna en zonas de especial interés natural, o de las interacciones socio-económicas entre barrios colindantes."

Además propuso un interesante gráfico de síntesis del entramado de relaciones entre, ferrocarril y sistema de ciudades que se puede apreciar en la siguiente imagen:

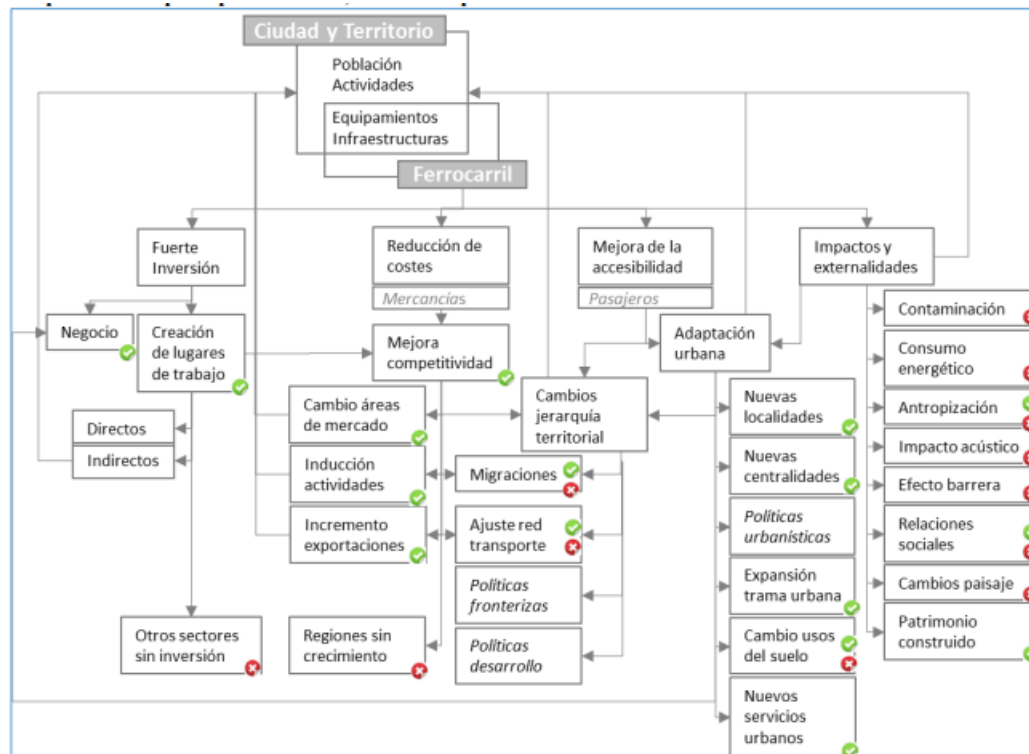


Figura 3.2: Esquema de los principales vínculos, efectos e impactos del ferrocarril en relación al sistema de ciudades - Álvarez-Palau (2015a)

Recientemente la OCDE hizo un estudio en nuestro país sobre la conectividad del sistema ferroviario con el sistema portuario dándonos el siguiente resultado: "El escaso desarrollo de las infraestructuras intermodales de transporte y la coordinación con las áreas metropolitanas incrementan la congestión del tráfico y los daños medioambientales"

También llama a nuestro país a "Reducir las barreras de entradas en los servicios marítimos y ferroviario", ya que al ser tan altas, las empresas prefieren los servicios de transporte rudamentario.(InfraestructuraPublica, 2018)

EFE, todos los años publica su memoria anual, donde muestran los resultados obtenidos por la empresa durante el año, como se puede ver a continuación:

Tal como se observa en la tabla expuesta anteriormente se puede apreciar que la empresa

| Estado de Resultados por Función                            | al 31 de diciembre<br>2017 - M\$ | al 31 de diciembre<br>2016 - M\$ | Variación    |      |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|------|
|                                                             |                                  |                                  | M\$          | %    |
| INGRESOS POR VENTAS                                         | 46.934.870                       | 40.648.996                       | 6.285.874    | 15%  |
| Pasajeros                                                   | 28.057.883                       | 21.451.362                       | 6.606.521    | 31%  |
| Operadores de Carga                                         | 11.048.693                       | 11.578.656                       | (529.963)    | -5%  |
| Inmobiliarios y otros                                       | 7.828.294                        | 7.618.978                        | 209.316      | 3%   |
| COSTOS DE VENTA Y ADMINISTRACION<br>(antes de Depreciación) | (83.513.751)                     | (69.252.968)                     | (14.260.783) | 21%  |
| EBITDA (antes de compensaciones)                            | (36.578.881)                     | (28.603.972)                     | (7.974.909)  | 28%  |
| Transferencias para Mant. Infraestructura                   | 23.910.122                       | 22.732.571                       | 1.177.551    | 5%   |
| Depreciación y amortización                                 | (20.952.576)                     | (22.323.395)                     | 1.370.819    | -6%  |
| PÉRDIDA OPERACIONAL                                         | (33.621.335)                     | (28.194.796)                     | (5.426.539)  | 19%  |
| Reajustes deuda en USD                                      | 816.591                          | 1.835.486                        | (1.018.895)  | -56% |
| Reajustes deuda en UF                                       | (18.809.283)                     | (31.881.671)                     | 13.072.388   | -41% |
| Otros Resultados no Operacionales                           | (200.441)                        | (1.560.207)                      | 1.359.766    | -87% |
| PÉRDIDA NETA                                                | (51.814.468)                     | (59.801.188)                     | 7.986.720    | -13% |

Figura 3.3: Flujo EFE 2017 - EFE 2017)

tiene ingresos por compensacion, éstos tienen origen del Estado que financia una parte de sus gastos de mantenimiento y los pagos que hace el Estado de los intereses de las deudas históricas de EFE, se registran bajo el método de la renta según NIC 20.

En la memoria también se puede apreciar cuantas toneladas - kilómetro brutas completadas (TKBC) han transportado las empresas TRANSAP y FEPASA en el transcurso del tiempo (2013-2017), tal como se muestran en las siguientes tablas:

En relación con el año anterior, excepción del sector minería, se registra una menor actividad de carga, principalmente en productos forestales (celulosa, madera aserrada y metros ruma), contenedores y sector industrial.

La caída del Puente Toltén, ha reducido significativamente el transporte de los productos forestales y se ha dejado de transportar alimentos para salmones. El crecimiento en el sector Minería se origina en el transporte de concentrado de cobre desde la Estación los Lirios con destino a Ventanas, iniciado a partir de mayo de 2016.

Millones de TKBC enero-diciembre 2013-2017

|                       | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | var. 17/16  |             |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|                       |              |              |              |              |              | MMTKBC      | %           |
| <b>FEPASA</b>         | <b>2.774</b> | <b>2.536</b> | <b>2.436</b> | <b>2.302</b> | <b>1.895</b> | <b>-407</b> | <b>-18%</b> |
| Agrícola              | 140          | 115          | 103          | 99           | 90           | -9          | -9%         |
| Contenedor            | 183          | 125          | 123          | 123          | 51           | -72         | -58%        |
| Forestal              | 1.239        | 1.256        | 1.216        | 1.202        | 904          | -298        | -25%        |
| Industrial            | 554          | 378          | 334          | 279          | 206          | -73         | -26%        |
| Minería               | 556          | 564          | 561          | 520          | 596          | 76          | 15%         |
| Químico y Combustible | 103          | 98           | 99           | 79           | 48           | -31         | -40%        |

Millones de TKBC enero-diciembre 2013-2017

|                       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | var. 17/16 |           |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|                       |            |            |            |            |            | MMTKBC     | %         |
| <b>TRANSAP</b>        | <b>851</b> | <b>919</b> | <b>912</b> | <b>945</b> | <b>980</b> | <b>35</b>  | <b>4%</b> |
| Contenedor            | 2          | 48         | 26         | 31         | 29         | -1         | -5%       |
| Forestal              | 503        | 524        | 542        | 554        | 559        | 5          | 1%        |
| Industrial            |            |            |            |            | 28         | 28         |           |
| Minería               | 306        | 304        | 300        | 314        | 314        | 1          | 0%        |
| Químico y Combustible | 40         | 44         | 44         | 46         | 49         | 3          | 8%        |
| Químico y Combustible | 103        | 98         | 99         | 79         | 48         | -31        | -40%      |

Figura 3.4: Millones de TKBC transportados por las empresas de transporte privado de carga - EFE 2017)

Entre sus iniciativas estratégicas, EFE ha contemplado un conjunto de acciones orientadas a aumentar los niveles de transporte de carga. Para ello, procura ejecutar nuevas inversiones orientadas a crear una situación favorable en materia de infraestructura de vías y de puentes, mejorando aspectos operacionales como la velocidad de circulación y toneladas por eje. Además estudia iniciativas relacionadas con habilitación de vías de conexión en gran escala con los puertos.

## 4. Implementaciones exitosas en el mundo

Tal como se comentó en el capítulo anterior, se investigarán los países de Australia y Estados Unidos, ya que estos países lograron implementar su sistema ferroviario con éxito, además se incluirá a Inglaterra, ya que fue el país descubridor/fundador del transporte ferroviario y hoy en día es una de las potencias mundiales en este ámbito. Por otra parte, se reúne información sobre México y Brasil, porque al ser países latinoamericanos y que implementaron con éxito sus vías de tren, y por ser éstos cercanos a Chile debido a la cultura que comparten. Por último se investigó a Alemania, país cuyo funcionamiento en base a inversión y control estatal puede aportar luces pudiendo ser una opción para Chile, y los posibles resultados de la re-implementación del sistema en esta vía.

### 4.1. Alemania

La historia de Alemania y el tren moderno se acerca tanto a los inicios de éste, como a pocas décadas de su invención en Inglaterra a comienzos del siglo XIX, implementándose casi 30 años más tarde, en 1835, inaugurando la primera vía ferrea alemana que cubría el tramo Nuremberg-Furth, en los entonces principados alemanes, específicamente en el Reino de Baviera, para no ser unificados hasta el segundo Reich alemán de Guillermo I, y el liderazgo de Otto von Bismarck en 1871, este último gran impulsor del ferrocarril en el Reino de Prusia, teniendo la red ferroviaria más grande de los estados alemanes, seguido por la red bávara.

Sin embargo, la creación del Imperio Alemán, a mediados de la segunda mitad del siglo

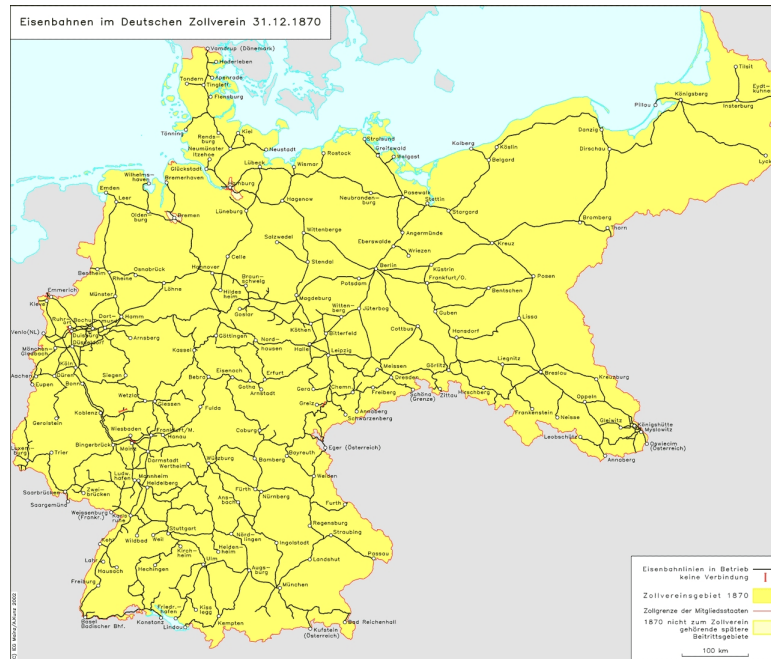


Figura 4.1: Ferrocarriles alemanes para 1870, antes de la unificación. Fuente: Historiana.eu.

XIX, no tuvo repercusión mayor en la organización de los ferrocarriles en Alemania, solo influyó en la mayor bonanza económica, lo que permitió una mayor inversión y crecimiento de la industria del ferrocarril alemán, pero las compañías siguieron siendo independientes. Esta modalidad de operación de los trenes alemanes se mantuvo hasta pocos años después de la primera guerra mundial, y el surgimiento de la República de Weimar, específicamente hasta 1920.

Las compañías ferroviarias alemanas de este periodo fueron:

- Compañía de Ferrocarriles del Reino de Prusia (KPEV).
- Compañía Real de Ferrocarriles Bávaros (K.Bay.Sts.B.).
- Ferrocarril del Palatinado (Pfalzbahn).
- Compañía Real de Ferrocarriles del Estado de Sajonia (K. Sächs. Sts. E. B.).

- Compañía Real de Ferrocarriles del Estado de Württemberg (K.W.St.E.).
- Ferrocarriles Estatales del Gran Ducado de Baden (G.Bad.St.E.).
- Ferrocarriles Imperiales de Alsacia-Lorena (C.F. de l'Est.).

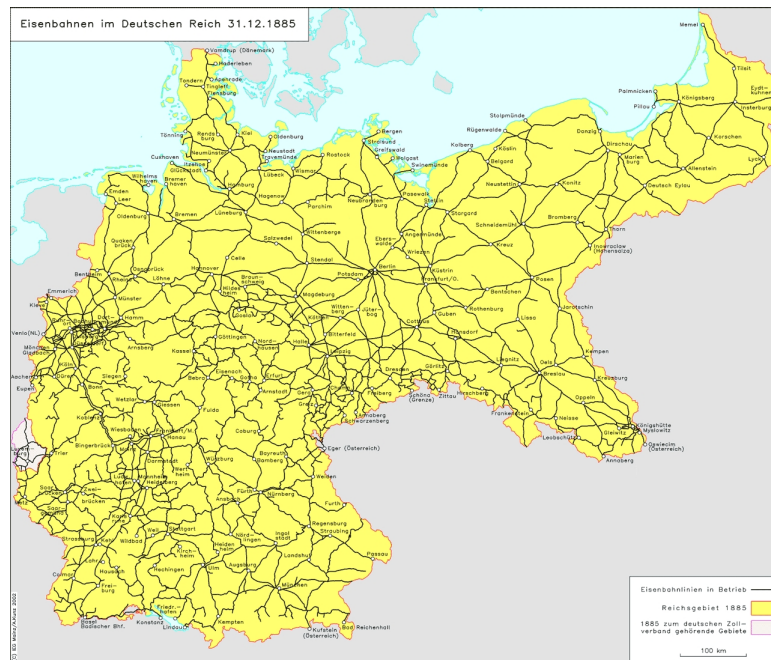


Figura 4.2: Ferrocarriles alemanes para 1885, después de la unificación. Fuente: Historia-na.eu.

Para 1920, las compañías alemanas se unifican en una única compañía de ferrocarriles alemanes, llamada Deutsche Reichsbahn (DR), o Compañía Nacional de Ferrocarriles de Alemania, hasta 1945, reorganizando los ferrocarriles alemanes según las políticas estatales. En todo este periodo histórico, desde 1835 a 1945, independiente de las organizaciones políticas del o los estados alemanes, las compañías ferroviarias y las vías siempre estuvieron bajo control estatal, ya sea de los diferentes Reinos Alemanes, del Imperio, o la República Alemana.

Luego de la II Guerra Mundial, y la separación de Alemania en la RFA Y LA RDA, DR también se separa, conservando su nombre en la Alemania Democrática, y pasando a llamarse Deutsche Bundesbahn en la Alemania Federal.

Al momento de la unificación alemana la red contaba en total con 41.500 km de vías. Durante este periodo las compañías siguieron siendo estatales, incluso en Alemania Occidental.

Para 1994, la compañía unificada, Deutsche Bahn, luego Deutsche Bahn AG al privatizarse entre 1997 y 1999, siendo su mayor accionista el Gobierno Federal Alemán, que controla el 100 % de las acciones, por lo que pese a ser una compañía privada, sigue estando bajo control estatal, como ha sido en toda la historia del ferrocarril en Alemania.

En la actualidad, Deutsche Bahn AG es dueño de las vías ferreas alemanas, además de proveer servicios de trenes también, ocupando más del 55 % de la cuota del mercado de los servicios ferroviarios, a través de sus 190 empresas subsidiarias.

Sin embargo, la red ferroviaria total se ha reducido, de los más de 40.000 km a finales de la guerra fría, a los actuales 33.380 km. Aún con la contracción, la red sigue siendo capaz de transportar 94.300 millones de personas-km (7,9 % del total transportado en Alemania), y mover 116.000 millones de toneladas-km (17,5 % del total transportado). Sin embargo, estas cifras, y la concentración del mercado en favor de la compañía nacional alemana no serían posibles sin las enormes inversiones del Gobierno Federal para actualizar, mejorar

y hacer mantenimiento al sistema, dejando un presupuesto anual de los Länder (Regionalisierungsmittel), o sea el pago de los servicios de los operadores regionales en vías de cercanía, de 8.200 millones de euros en 2016, incrementándose en un 1,8% anual hasta 2030. También se debe considerar el Acuerdo de Financiación y Servicio (Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung II o LuFV II), entre el Gobierno y la Deutsche Bahn AG, para mantenimiento y conservación de la red para el periodo 2015-2019, que se eleva a los 4.000 millones de euros al año.

A esto se debe sumar la inyección de recursos del Plan Federal de Transportes 2030 (Bundesverkehrswegeplan 2030), el cual busca la ampliación, mejora y construcción de nuevas vías para el sistema actual, representando 112.300 millones de euros extras para la compañía.

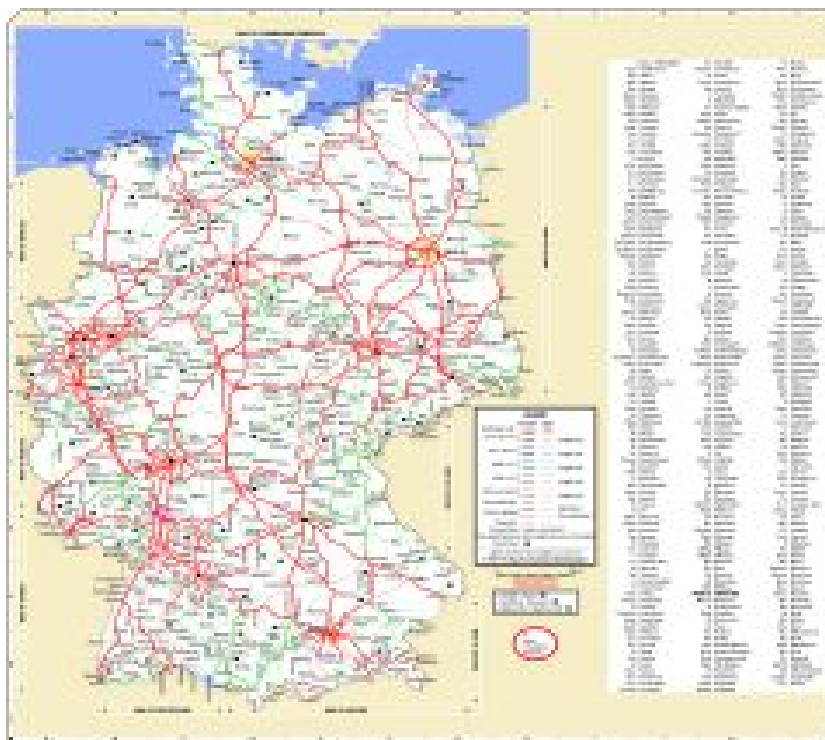


Figura 4.3: Red ferroviaria alemana en la actualidad. Fuente: Bueker.net.

## 4.2. Australia

El sector ferroviario australiano tuvo una reforma importante a partir de 1996, debido a su pérdida de competitividad, y parte de su cuota de carga, por lo que el gobierno australiano decidió implicar al sector privado para optimizar los recursos involucrados en el mercado ferroviario. Entre 1997 y 1998, la Australian National Railways Commission (AN), un organismo del gobierno, fue vendido a tres servidores privados: Great Southern Rail, Australian Southern Railroad (ahora Genesee and Wyoming Australia Pty Ltd—GWA) y TasRail. La National Rail Corporation (NRC), propiedad de los Gobiernos estatales de Nueva Gales del Sur y Victoria, fue privatizada en 2002, y ahora es propiedad de la Pacific National. El 14 de noviembre de 1997, en la Australian Transport Council -ahora Standing Council on Transport and Infrastructure (SCOTI)- se fijó la creación de la Australian Rail Track Corporation (ARTC), la que gestionaría el acceso a la línea interestatal de ancho internacional, bajo mando del gobierno australiano, mientras que el resto de las vías fueron privatizadas.

Actualmente la industria ferroviaria cuenta con mas de 33.000 kilometros de vias, de las cuales cerca del 10 % son electrificadas, de las cuales tiene trochas estandar, ancha y estrecha, teniendo dominancia la trocha estandar ubicandose en 4 estados y siendo el ancho del ferrocarril interestatal, mientras que la trocha ancha y estrecha estan en 2 estados respectivamente.

Medidas de las trochas usadas en los ferrocarriles australianos:

- Trocha estándar: 1435 mm.
- Trocha estrecha: 1067 mm.
- Trocha ancha: 1600 mm.

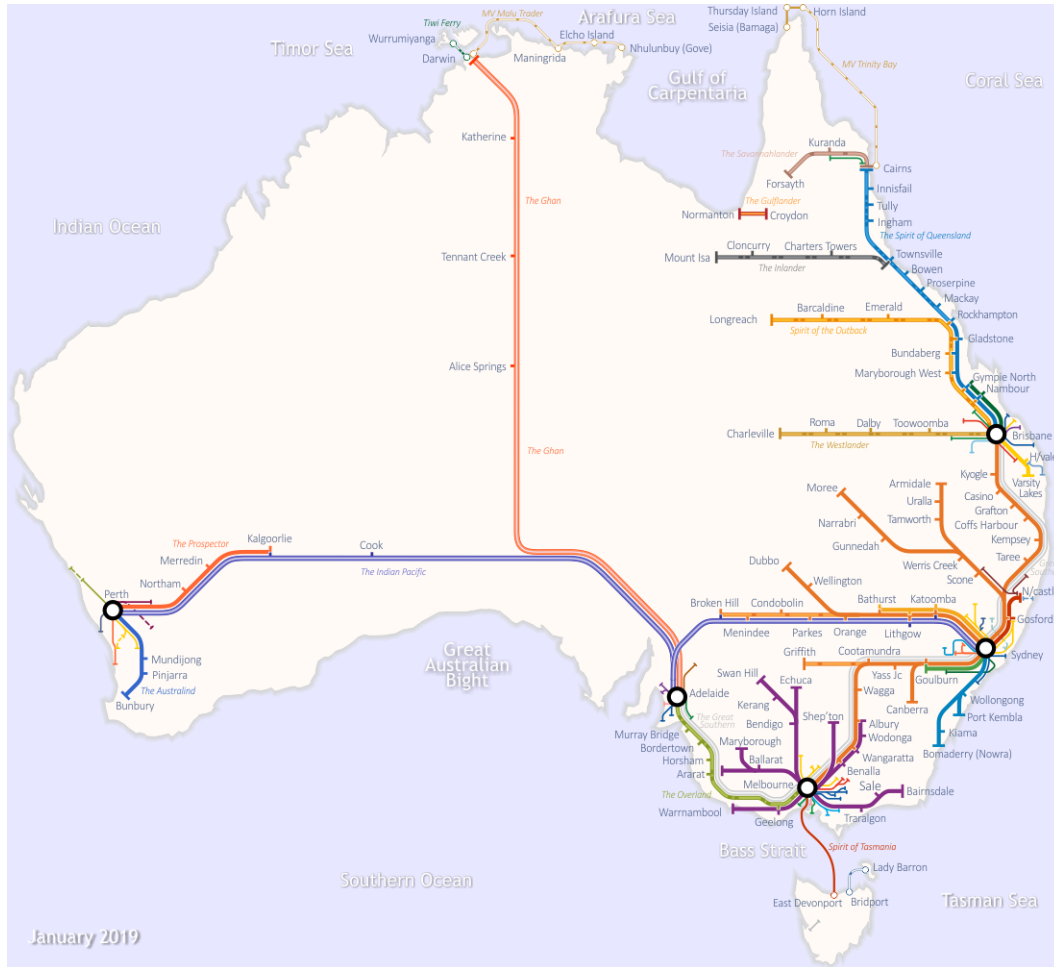


Figura 4.4: Red ferroviaria de Australia. Fuente: Australian Rail Maps.

Cuenta con unos ingresos sobre \$4.0 mil millones anuales, transporta cerca de 850 millones de pasajeros al año y mueve más de 1.000 millones de toneladas. Cuenta con más de 330 empresas manufactureras, lo que implica una fuerza laboral de más de 44.000 personas (y mas de 70.000 trabajan en industrias que apoyan a la industria ferroviaria). Tiene Compromisos de inversión en equipos rodantes y vías: alrededor de \$36 mil millones. Cuenta

con más de 32.000 vagones y carros, además tiene más de 2.200 locomotoras de las cuales el 35 % tiene menos de 5 años de antigüedad.

La estructura del mercado ferroviario australiano consiste en 6 tipos de organismos que trabajan en función de los servicios que prestan en el mercado:

- Rail train operators (Operadores de trenes): son los operadores de los trenes, pero además poseen sus propios almacenes, terminales e infraestructura complementaria para sus cadenas de distribución. Es común que empresas sean poseedoras de estaciones, boleterías, etc.
- Other freight and passenger service providers (Otros proveedores de servicios para pasajeros y carga): poseen locomotoras, vagones y/o terminales, ya sea de carga o pasajeros, los cuales arriendan en contrato a compañías de operación. También ofrecen servicios de maquinistas y gestión.
- Rail infrastructure access providers (Proveedores de acceso a las infraestructuras): representan a los dueños y arrendatarios de la infraestructura vial, con la cual ofrecen servicios de acceso a la red ferroviaria, comunicación, control del movimiento de los trenes, y señalización de las vías.
- Maintenance and other related service providers (Proveedores de mantenimiento y otros servicios): Son empresas que trabajan generalmente subcontratadas, con contratos de largo plazo, en los que proveen de mantenimiento y servicios relacionados, tales como inspección, reparación, para las locomotoras y vagones.
- Rail safety regulators (Reguladores de seguridad y prevención de riesgos): Son los

organismos encargados de acreditar a los proveedores de servicios, infraestructura y trenes, según lo estipulado en las leyes estatales o nacionales en Australia.

- Rail access regulators (Reguladores de entrada al mercado del ferrocarril): Se encargan de regular las negociaciones de los contratos entre proveedores de infraestructura y las operadoras de trenes y servicios. También actúan como árbitro en disputas entre compañías.

### 4.3. Inglaterra

El sistema fue construido originalmente como un mosaico de enlaces ferroviarios de cercanías operados por pequeñas empresas ferroviarias privadas. Antes de la Primera Guerra Mundial estas se fusionaron o comprados por los competidores, durante esta guerra el sistema completo fue puesto bajo el control del Gobierno. Para el periodo entreguerras casi todas las empresas restantes se agruparon en “The Big Four”, las cuales eran anónimas empresas publicas y continuaron su servicio hasta 1947, debido a la falta de inversión en el sistema y el nuevo estilo de vida carretero.

En 1948 “The Big Four” fueron nacionalizados para formar “British Railway” bajo el control de la Comision de Transporte británico. Tuvo altibajos con su rentabilidad, se pudo regenerar vias y estaciones para 1954. Para mediados de esa década se implemento el diesel y material rodante eléctrico, pero las utilidades esperadas no se produjeron y las perdidas se comenzaron a notar. Para mediados de la década de 1960 la red ferroviaria vivió una fuerte reducción de líneas. Muchas líneas secundarias y algunas principales fueron cerradas debido a su baja rentabilidad.

Para 1970 se produjo un renacimiento al transporte ferroviario de pasajeros con la introducción de trenes de alta velocidad, desde esta introducción los niveles de pasajeros fluctuaban (aumentaba en periodos de crecimiento económico y disminuía en periodos de recesión). Para la siguiente década hubieron severos recortes en la financiación del gobierno, pero se aumentaron las tarifas por encima de la inflación, por ende el servicio se

hizo mas rentable.

Para la década de 1990 comenzó el proceso de privatización, La propiedad de las vías y la infraestructura pasó a Railtrack, mientras que las operaciones de pasajeros fueron franquiciadas a los operadores individuales del sector privado (originalmente eran 25 franquicias) y los servicios de transporte de mercancías vendidos directamente (se crearon seis empresas, pero cinco de ellas fueron vendidas a un mismo comprador ). El gobierno afirmó que la privatización sería una mejora en los servicios de pasajeros. El número de pasajeros aumentaron en la última década a niveles de finales de la década de 1940.

A finales de septiembre de 2003 se terminó la primera parte de la High Speed 1, un enlace de alta velocidad por el túnel del Canal con Francia y Bélgica, que aumentaría significativamente la infraestructura ferroviaria del país. El resto del enlace, desde el norte de Kent a la estación de St. Pancras en Londres, fue inaugurado en 2007. En 1997 comenzó un importante programa de obras de rehabilitación en la West Coast Main Line y terminó en 2009, muy por encima del presupuesto (10 mil millones de libras esterlinas), tras muchos años de retraso y todavía sin llevar la línea hasta los estándares originalmente propuestos por Railtrack. (Rail.co.uk, 2013)

#### **4.3.1. Infraestructura y Servicios**

La mayor parte de la vía del tren es administrado por Network Rail , que en 2010 contaba con una red de 15.754 kilometros (9.789 millas) de la norma de vía de líneas, de las cuales 5.249 kilometros (3.262 millas) están electrificadas. Además, algunas ciudades tienen siste-

mas de transporte ferroviarios separados basados en masa. También hay varios ferrocarriles privados (algunos de ellos de vía estrecha), que son principalmente líneas turísticas breves.

La red ferroviaria está conectada con la de Europa continental por una conexión ferroviaria submarina, el Túnel del Canal de la Mancha , inaugurado en 1994, el servicio de esta linea se llama EUROSTAR y conecta Londres con Paris y Bruselas especificamente. Ademas ofrece una conexion con el resto del pais con 7 "trenes cortos". La red INTERCITY es la parte mas atractiva de British Rail, ofrecen viajes por todo el pais a una velocidad promedio de 200[km/h].(Gov.uk, 2013)

#### **4.3.2. Transporte de Carga**

Con la privatizacion, la empresa propietaria y operadora de la infraestructura de la via comercial de Gran Bretaña es Network Rail y la oficina de Regulacion Ferroviaria (ORR) es el regulador economico y de seguridad de la industria.

Los sectores que utilizan el transporte por ferrocarriles principalmente son:

- Carbon: Historicamente, el sector que a movido mayor volumen de mercancías y la mayoría de viajes es para las plantas de energias.
- Líneas navieras y agentes de carga : venden servicios puerta a puerta a importadores y exportadores, por lo que utilizan operadores ferroviarios o de carreteras para transferir los contenedores marítimos entre los puertos y centros de distribución, plantas de fabricación, etc.

- Metales, Contruccion: Mercancias por ferrocarril esta perfectamente posicionado para atender las necesidades de las industrias de los metales y de la construcción, lo que permite un movimiento de cargas muy pesadas o inusuales.
- Vehiculos: el servicio de Honda, que transporta alrededor de 23.000 autos al año de Swindon a Belgica
- Otros: Como Petroquimica, Residuos, Mantenimiento de trenes, Whisky escoses y de alimentos

El volumen total de carga ferroviaria movida fue de 17.200 millones de toneladas netas en 2016-17. Las columnas de carga ferroviaria aumentaron en un 60 % desde mediados de los 90 hasta 2013-2014 (cuando superaron los 22 mil millones de toneladas netas), pero la rápida disminución en el tráfico de carbón significa que los volúmenes han disminuido desde entonces. Desde el punto de vista de cantidad de movimientos de trenes, estos totalizaron 224,000 en 2016-17, un promedio de 613 por día.

#### 4.4. Estados Unidos

Actualmente, la mayor parte de transporte ferroviario en los Estados Unidos está basado en el embarque del tren carguero. La industria ferroviaria estadounidense ha experimentado convulsiones repetidas debido al cambio de necesidades económicas estadounidenses y la subida de coche, autobús y transporte aéreo.

A pesar de las dificultades, los ferrocarriles estadounidenses llevaron 427 mil millones de toneladas-millas de la carga anualmente en 1930. Esto aumentó a 750 mil millones de toneladas-millas hacia 1975 y doblado a 1.5 billones de toneladas-millas en 2005. En los años 1950, los Estados Unidos y Europa movieron aproximadamente el mismo porcentaje de la carga por ferrocarril; pero, hacia 2000, la parte del transporte de mercancías por ferrocarril estadounidense era el 38 % mientras en Europa sólo el 8 % de la carga viajó por ferrocarril. En 1997, mientras los trenes estadounidenses movieron 2,165 mil millones de toneladas-kilómetros de la carga, la Unión Europea de 15 naciones movió sólo 238 mil millones de toneladas-kilómetros de la carga. (Helpes, 2015)

Las compañías de ferrocarriles en los Estados Unidos generalmente se separan en tres categorías basadas en sus ingresos anuales: la Clase I para ferrocarriles de carga con ingresos de operaciones anuales encima de \$346.8 millones (2006 dólares), la Clase II para ferrocarriles de carga con ingresos entre \$27.8 millones y \$346.7 millones en 2000 dólares, y la Clase III para todo otro ganado de carga. Estas clasificaciones son puestas por el Consejo de Transporte Superficial.

En 1900 había 132 ferrocarriles de la Clase I. Hoy, como el resultado de fusiones, quiebras y cambios principales de la definición reguladora de "la Clase I," hay sólo siete ferrocarriles que funcionan en los Estados Unidos que encuentran los criterios para la Clase I. Desde 2006, los ferrocarriles de carga estadounidenses hicieron funcionar 140,490 millas de la ruta (226,097 kilómetros) de la medida estándar en los Estados Unidos.

La industria de carga siguió su decadencia hasta que el Congreso pasara el Asombra el Acto Ferroviario en 1980, que en gran parte desreguló la industria ferroviaria. Desde entonces, los ferrocarriles de carga estadounidenses han reorganizado, han discontinuado sus rutas ligeramente usadas y han vuelto a la rentabilidad.

Los ferrocarriles de carga juegan un papel importante en la economía de los Estados Unidos. La red ferroviaria de carga americana se considera el mejor en el mundo. En términos de toneladas-millas, los ferrocarriles anualmente mueven más del 40 % de la carga de los Estados Unidos y unen negocios el uno con el otro a través del país y con mercados en el extranjero. También directamente contribuyen decenas de mil millones de dólares cada año a la economía a través de salarios, compras, ventajas del retiro e impuestos.

Los ferrocarriles de carga estadounidenses funcionan en un mercado muy competitivo. Para competir con eficacia el uno contra el otro y contra otros abastecedores de transporte, los ferrocarriles deben ofrecer el servicio de alta calidad a precios competitivos. Los ferrocarriles explican sólo más del 40 por ciento de toneladas-millas de carga, más que

cualquier otro modo del transporte. Sin embargo, la parte de ingresos de los ferrocarriles se ha estado cayendo durante décadas, una reflexión de la intensidad del concurso del cual están enfrente y de los ferrocarriles de reducciones del precio grandes ha pasado a sus clientes durante los años.

Los ferrocarriles llevan una amplia variedad de materias del bulto, carbón que es la materia importante más sola. En 2006, el carbón explicó el 21 por ciento de ingresos ferroviarios. El carbón considera a aproximadamente la mitad de la generación de la electricidad estadounidense. Otras materias principales llevadas incluyen productos químicos, grano, minerales no metálicos, trastos viejos, coches y materiales de desecho.

El segmento del tráfico de trenes creciente más rápido es actualmente intermodal. Intermodal es el movimiento de transportar contenedores o remolques del camión por ferrocarril y otro al menos un modo del transporte, por lo general camiones o buques de alta mar. Intermodal combina la conveniencia a domicilio de camiones con la economía del camino largo de ferrocarriles. El carril intermodal se ha triplicado en los 25 años pasados. Desempeña un papel crítico en la fabricación de la logística mucho más eficiente para detallistas y otros. La eficacia de intermodal provee los Estados Unidos de una ventaja competitiva enorme en la economía mundial.

Lista de ferrocarriles de los Estados Unidos principales:

- Amtrak

- BNSF Railway
- Ferrocarril nacional canadiense
- Ferrocarril pacífico canadiense
- Transporte de CSX
- Kansas City ferrocarril del sur
- Norfolk ferrocarril del sur
- Union Pacific Railroad

## 4.5. México

El primer servicio ferroviario en México se realizó en 1850, cubriendo el tramo de 13.6 km de longitud entre Veracruz-El Molino. Durante la presidencia del general Porfirio Díaz se le dio un fuerte impulso al ferrocarril, de hecho, la red ferroviaria se desarrolló hasta quedar casi como se encuentra en nuestros días.

El sistema fue básico para el transporte de personas y mercancías hasta la primera mitad del siglo XX.

En la actualidad, los ferrocarriles son útiles para transportar carga en grandes volúmenes a bajo costo. La red ferroviaria comunica entre sí las poblaciones más importantes y a éstas con los principales puertos y fronteras del país.

En 1995, el gobierno inició la concesión de uso y explotación de la red ferroviaria nacional a particulares (es decir, que el gobierno federal conserva el dominio sobre la infraestructura). Al término de la concesión (la cual tiene una duración de 50 años con opción de 50 años adicionales), ésta debe ser devuelta al gobierno federal en condiciones adecuadas para su operación. (Cuentame, 2018)

La red ferroviaria nacional está dividida en tramos, operados por:

- Kansas City Southern de México (antes Transportación Ferroviaria Mexicana, S.A. de C.V.).

- Grupo Ferrovial Mexicano, S.A. de C.V. (Ferromex).
- Ferrosur, S.A. de C.V.
- Línea Coahuila-Durango, S.A. de C.V.
- Compañía de Ferrocarriles Chiapas-Mayab, S.A. de C.V.
- Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V.
- Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. (ParaEstatat)

Red Actual: Cuenta con una red total de 26.727 kilometros, pero solo estan operativos 23.804 kilometros, crecio apenas 1.217 kilometros desde 1980. Se cuenta con 1.231 locomotoras (579 menos que en 1985 debido a lo poco rentable que es el transporte de pasajeros) , 29.318 carros de carga, 117 coches de pasajeros y un personal activo de 14.885 personas

## 4.6. Brasil

La implantación de los primeros ferrocarriles en el país fue estimulada por capitales privados nacionales y extranjeros (principalmente ingleses) que anhelaban un sistema de transporte capaz de llevar (de manera segura y económica) a los crecientes centros urbanos y puertos del país toda la producción agrícola y de mineral producida principalmente en el interior brasileño. Uno de las principales motivaciones para conectar a Brasil mediante ferrocarril fue la vastedad del territorio brasileño (quinto mayor país en extensión geográfica), además de las dificultades topográficas que presentaba y presenta la geografía del gigante sudamericano.

El gobierno brasileño también participó en la expansión ferroviaria, iniciando emprendimientos para la integración del territorio nacional a través de ese medio de transporte, que encajaba a compañías privadas fallidas para impedir el colapso económico de regiones dependientes de ese medio de transporte.(MeioNorte, 2009)

Se llegó a poseer 34.207 km, pero por crisis económicas y la falta de inversión en modernización, tanto por parte de la iniciativa privada y del poder público, aliados al crecimiento del transporte por carretera hicieron que parte de la red fuera erradicada. El bajo nivel de servicio, y su inadecuado nivel para competir con el transporte carretero, suscitó el rescate del gobierno, el cual acortó la extensión de los recorridos, y recurrió posteriormente a licitaciones.



Como se puede observar en la imagen, las redes ferroviarias brasileñas se concentran en las zonas centro-sur, y noreste del país, donde se hayan las mayores concentraciones de población, y también los puertos más importantes. La mayoría de estas vías son concesionadas, siendo alrededor de un 97 % de estas las que están bajo esta condición. Los ferrocarriles brasileños conforman el mayor sistema vial ferroviario de Latinoamérica, moviendo cerca de 245 miles de millones de ton-km el año 2009.

Antes de la licitación, las redes brasileras eran controladas por 3 empresas:

- Gobierno Federal de Brasil: controló y operó la Rede Ferroviária Federal S.A. (RFF-SA), y que cubría cerca del 77 % de la red del país.
- Vale do Rio Doce (empresa estatal): mantenía bajo su operación las redes de Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM), y la Estrada de Ferro Carajás (EFC).
- Estado de Sao Paulo: pese a solo manejar la Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA), una de las más pequeñas, era económicamente la más importante de Brasil.

Las licitaciones buscaron el mejoramiento del servicio, así como el crecimiento de la oferta, quitando además una importante carga impositiva al estado federal brasileño, mediante la privatización y delegación de este servicio en privados, y de los diferentes municipios y estados brasileros, mediante la ley de el Programa Nacional de Desestatización (PND). El proceso de privatización dió comienzo a principios de los 90's, con la concesión de la red más extensa del país, la Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA, en 1992.

El principal sustento de la carga movilizada en tren en Brasil es el transporte de mineral de hierro (72,13 %), el cual se mueve de las zonas interiores del centro y norte de Brasil, hacia la costa del Atlántico.

## 5. Impacto

En esta sección, se hablará sobre el daño social y ambiental provocados por los medios de transporte, tanto rudimentario como ferroviario, con el fin de hacer una comparativa y ver los beneficios que tiene el transporte ferroviario sobre el rudimentario. Luego se hará una simulación de aumento de carga transportada en vía ferroviaria junto a un análisis de la repercusión que le ocasiona al Estado y la Industria camionera.

Si se analiza la eficiencia del uso del combustible en ambos medios de transporte contrastados, los camiones quedan en mala posición respecto a los trenes. En promedio, un tren gasta aproximadamente un litro de combustible para mover 200 Ton por un km (200Ton-Km/L). Los camiones modernos mueven, en promedio 58 Ton-Km/L. Según estas cifras, los trenes son 3.5 veces más eficientes en utilización de combustibles que los camiones, al menos el promedio de éstos. Si se considera algunos de los camiones más eficientes del mundo, utilizados para competencias en Estados Unidos, se llega a una eficiencia de 68,9 Ton-Km/L comparado con un ferrocarril poco actualizado, pero funcional como el caso argentino, en donde las locomotoras tienen una eficiencia de 147 Ton-Km/L, aún comparando el mejor de los camiones, con trenes poco o nada modernizados, estos último siguen llevando la delantera en eficiencia energética casi 2,13 veces. (Elmostrador, 2018)

En cuanto al aporte del área transporte al cambio climático, específicamente los medios que utilizan combustibles fósiles, que emiten gases efecto invernadero al ser quemados: la industria del transporte fue el responsable del 36 % de las emisiones de dióxido de carbono,

utilizando un 25 % de la energía que se consumió en total en Chile durante el año 2010. Para el año 2020, se proyecta que las emisiones de CO<sub>2</sub> se podrían cuadruplicar, de no tomarse las medidas que se necesitan para mitigar sus fuentes de emisión. Dentro del área del transporte, son los camiones el principal modo de transporte de mercancía, tanto en Chile, como en el extranjero.

El aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera está relacionado de manera directa con el uso de los combustibles fósiles, debido a la combustión a la que se ven sometidos. La información indica que los trenes en promedio emiten a la atmósfera 18 g de CO<sub>2</sub> por cada Ton-Km, mientras que los camiones emiten un promedio de 60 a 70 g de CO<sub>2</sub> por cada Ton-Km., por lo que los camiones emiten aproximadamente 3.5 veces CO<sub>2</sub> más, el principal gas de efecto invernadero (GEI), comparado con los trenes, por unidad de carga y distancia.

Otro impacto, por lo general ignorado en el aspecto del transporte, es la contaminación generada por el desgaste de los neumáticos. En el caso de los camiones, los neumáticos, hechos de principalmente de caucho y otros compuestos necesarios, se desgastan por abrasión del neumático, y por desgaste de las pastillas de frenos, las que desprenden partículas grandes y pequeñas, las cuales pueden quedar suspendidas en el aire, o ser empujadas a cauces de ríos, napas subterráneas, lagos, y otros, aportando a la contaminación atmosférica de ciudades y campos, siendo las primeras responsables de cerca del 80 % de la contaminación de material respirable (PM<sub>10</sub>), lo cual afecta de forma directa a los seres vivos, como animales y plantas, y por supuesto también a los humanos, con compuestos como el zinc, sulfuros y hollín. En comparación las ruedas de los trenes son metálicas,

sólo se rectifican después de su uso, de ser necesario, generalmente luego de un millón de kilómetros de uso. Cuando ya no es posible rectificarlas, simplemente se vuelven a refundir para su reciclaje.

El material particulado fino en las ciudades daña los pulmones de las personas. En los Estados Unidos, específicamente en Los Ángeles, California, las micropartículas de caucho se establecen como el treceavo mayor contaminante del aire californiano, y eso que en la lista se encuentran alergenicos como el látex.

Finalmente queda la misión de reciclar los neumáticos usados. Sólo el 20 % de las 80.000 toneladas de neumáticos que se desechan en Chile todos los años son utilizados para varios usos. El resto se envían para su acumulación en los vertederos, y otros tantos esperan a su eliminación o degradación en las orillas de los caminos rurales.

Para el año 2014, el parque vehicular total del país fue de 4.568.664 vehículos, de los cuales 189.554 correspondían al parque camionero. El parque crecía a tasa de 35 % mientras que el camionero a 22 %.

Según el estudio Cifras de accidentabilidad de camiones en Chile (CONASET,2014), los accidentes de tránsito que tienen a un camión involucrado es de un promedio del 8 %, además el 5.5 % de las víctimas fatales corresponden a usuarios de camiones y el 25 % de las víctimas en accidentes con camiones involucrados, iban en el camión.

Si bien las cifras parecen bajas, al comparar la cantidad de accidentes con la cantidad de los medios de transporte existentes , se puede apreciar que los camiones tienen el

nivel más alto de promedio de fallecidos, tal como se muestra en la siguiente tabla y gráfico.

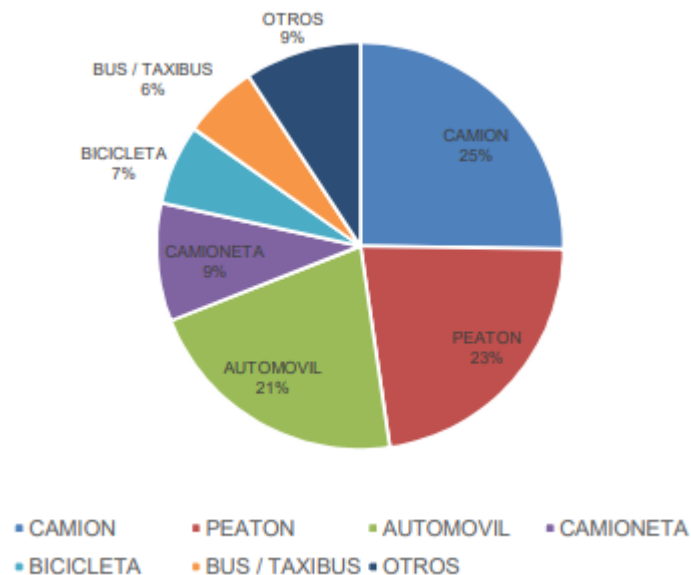


Figura 5.1: Gráfico fallecidos por tipo de usuario en accidentes con camiones (Promedio 2010-2014) Fuente: CONASET

| Tipo de Usuario | Promedio de Fallecidos |
|-----------------|------------------------|
| Camión          | 87,8                   |
| Peatón          | 78                     |
| Automóvil       | 74,2                   |
| Camioneta       | 32,6                   |
| Bicicleta       | 22,2                   |
| Bus/Taxibus     | 20,8                   |
| Otros           | 32,1                   |

Otros: Motocicleta, Furgón Minibus, Tracción Humana, Tracción Animal, Etc

Figura 5.2: Tabla Promedios de fallecidos por tipo de usuario en accidentes con camiones (Promedio 2010-2014) Fuente: CONASET

De cierta forma, se puede afirmar que los camiones involucrados en accidentes tienden

a lograr un índice de conversión de muertes" más alto que cualquier otro vehículo en carretera o camino, siguiéndolo de cerca los automóviles y peatones, pero lejos de las cifras registradas por los camiones. Esto podría llegar a justificarse por el gran tonelaje que mueven, y mayor momentum lineal que llevan al momento del impacto, lo que reduce las probabilidades de sobrevivencia, además de la menor maniobrabilidad de estos vehículos de mayor tamaño que los otros vehículos circulantes en las calles y carreteras.

También se informa que los camiones son el tercer vehículo con mortalidad más alta (si se considera como víctimas sólo a los usuarios de los camiones) y en el siguiente gráfico se puede apreciar como la mortalidad promedio es superior a los siniestros de otro tipo.

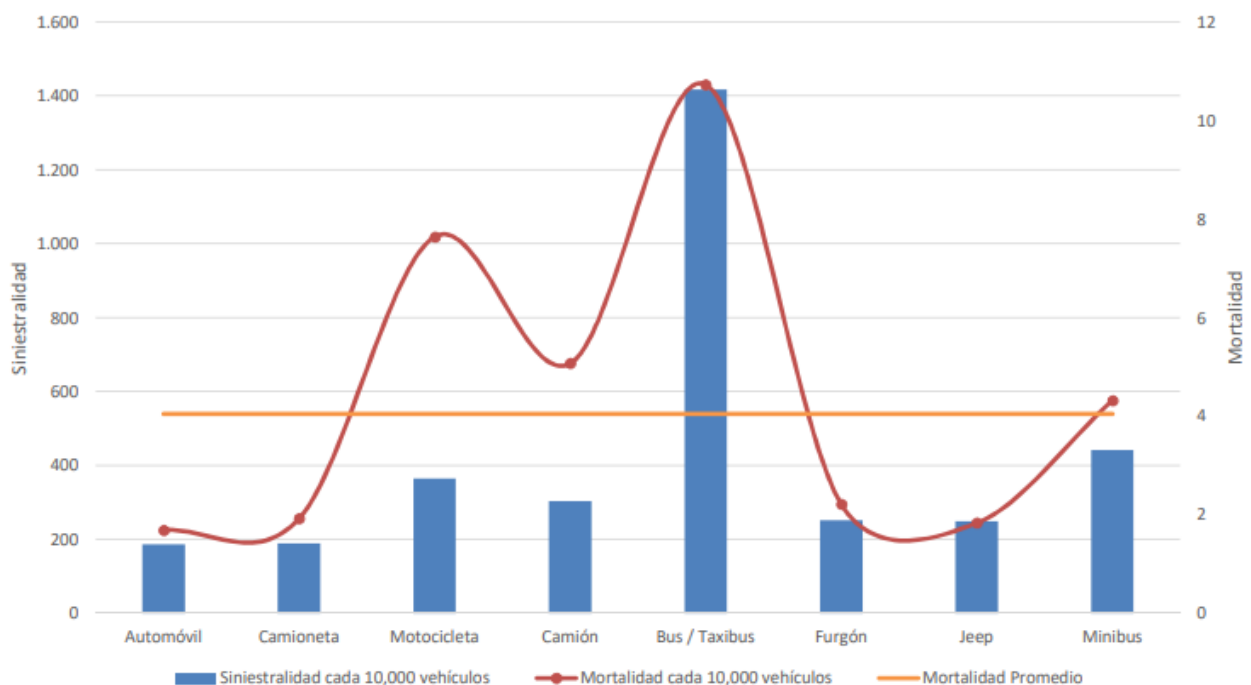


Figura 5.3: Indicadores de Siniestralidad y Mortalidad por cada 10.000 vehículos (Promedio 2010-2014) Fuente: CONASET

En otras palabras, el que la mortalidad más alta en usuarios se presente en camiones indica que, la combinación de siniestralidad de los camiones, junto con la probabilidad de muerte en accidente por los usuarios de camiones es más alta que en cualquier otro tipo de vehículo, excepto por buses y motocicletas, pero debe considerarse que los buses llevan pasajeros, y las motocicletas tienen un alto índice de mortalidad por la falta de protección del conductor, por lo que la probabilidad de muerte de los usuarios de camiones es muy alta en comparación con su siniestralidad, donde están a un nivel similar al de los furgones, pero con una mortalidad que duplica su número.

Por último, se puede notar como los accidentes de camiones involucra más a otros vehículos ocasionándoles fallecimiento a sus pasajeros en el siguiente gráfico.

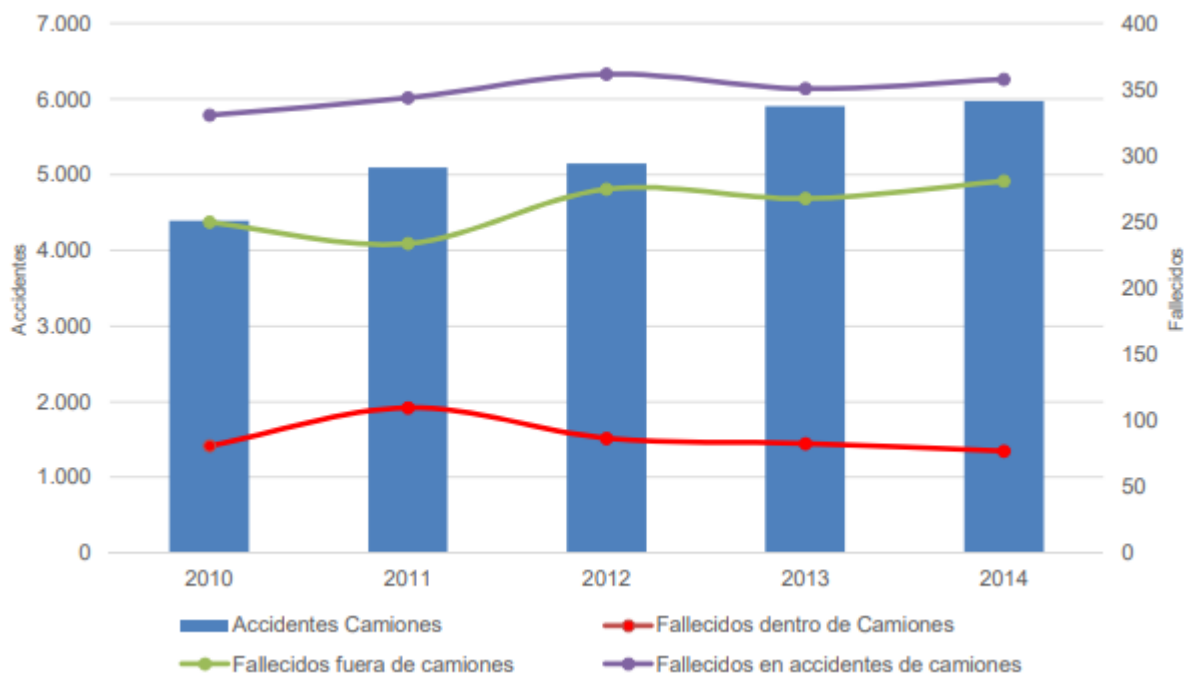


Figura 5.4: Evolución de Accidentes de Camiones Fuente: CONASET

| Año  | Accidentes Camiones | Fallecidos en accidentes de camiones | Fallecidos dentro de Camiones | Fallecidos fuera de camiones |
|------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 2010 | 4.399               | 331                                  | 81                            | 250                          |
| 2011 | 5.097               | 344                                  | 110                           | 234                          |
| 2012 | 5.150               | 362                                  | 87                            | 275                          |
| 2013 | 5.914               | 351                                  | 83                            | 268                          |
| 2014 | 5.978               | 358                                  | 77                            | 281                          |

Figura 5.5: Proporción de muertes ocasionadas en un accidente con camión involucrado  
Fuente: CONASET

En cuanto a la progresión de los últimos años en la accidentabilidad de los camiones, se puede notar que ésta claramente ha ido en aumento, acompañado por un aumento en el parque de camiones en el país. Lo interesante en este caso es el análisis de la evolución de los accidentes camioneros; la cantidad de fallecidos ha ido en aumento, de manera muy ligera, lo que se debe a que esta mortalidad puede disgregarse en dos dimensiones: los fallecidos dentro de los camiones, que han ido a la baja, muy probablemente por una inversión en la seguridad de las cabinas de los camiones, y una mejora tecnológica, pero un alza de los fallecidos fuera de los camiones, lo que es tristemente lógico, al tener una mayor densidad de flujo de camiones en caminos y carreteras del país.

Gracias a data entregada por Carabineros de Chile se pudo llegar a una cifra mejor a la entregada de CONASET, ya que incluyeron todos los accidentes en que se vieron involucrados camiones, tanto siendo provocados por ellos como no, y la cifra llegó a 708 fallecidos, una cifra preocupante, con la cual se desarrollará una idea mejora en el siguiente capítulo.

## 6. Metodología

### 6.1. Social

En este trabajo se desarrolló el ámbito social considerando el costo que tiene el Estado ante las muertes provocados por los camiones, ya que estas vidas pudieron ser un aporte para el país, si no hubiesen fallecido a causa del accidente, para esto se utilizó el estudio Valor Estadístico de la vida (Ministerio de Desarrollo Social, 2017) para el cálculo del costo que tienen estas vidas, luego se procedió a hacer una sensibilización con el objetivo de tener una imagen de como está Chile en comparación a los países desarrollados y vecinos. Teniendo como referencia una tasa creada en este trabajo denominada como "Tasa de muertes por camión", luego se tomó como cota superior la tasa de muertes por camión de Inglaterra e cota inferior la tasa de muertes por camión de Chile. Esta tasa se calculó de manera sencilla con las muertes provocadas por camiones dividido por el parque camionero actual de cada país.

Si bien el valor de la vida es incuantificable, el valor estadístico de la vida, es una valoración monetaria que la sociedad atribuye a esfuerzos en la disminución de probabilidad de muerte de las personas. Este valor se utiliza para evaluar proyectos que tienen un fin de disminuir la probabilidad de mortalidad prematura, como por ejemplo, reducción de contaminación ambiental, riesgos laborales, accidentes de tránsito, entre otros. Se define una muerte prematura "El fallecimiento de cualquier persona, por causa evitable, antes de llegar al número de años que se espera viviría en promedio (esperanza de vida)". Desde este punto de vista, el objetivo es disminuir los riesgos de mortalidad.

Según el Ministerio de Desarrollo Social, actualmente predominan dos enfoques para estimar este valor. El enfoque de Capital Humano (CH), que estima el costo de fallecer a través de la pérdida de productividad futura consecuencia de una muerte prematura. Por otro lado, el enfoque de reducción de riesgo de muerte mide la disposición a pagar por parte de los individuos por disminuir su probabilidad de perder la vida en forma prematura. Para este trabajo se utilizó el segundo enfoque, ya que método de reducción de riesgo es más preciso que el de capital humano para reproducir el valor estadístico de la vida según recomendaciones internacionales (Lindhjem et al 2011, Blaeij et al 2003).

Los cálculos para la estimación de disposición a pagar por reducción de riesgo como valor estadístico de la vida se derivarán de lo expuesto en el estudio realizado por GreenLab UC “ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA VIDA ESTADÍSTICA ASOCIADO A CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ACCIDENTES DE TRÁNSITO”. Dichos cálculos llegaron a el valor de 81.739 UF por persona fallecida.

Como se dijo anteriormente, Chile en 2014 poseyó un parque camionero de 189.554 ejemplares y hubo 708 muertes provocadas por accidente de tránsito con un camión involucrado, a su vez Inglaterra tuvo un parque de 473.932 camiones y 177 defunciones. Por otra parte, los camiones en ese año transportaron en promedio 1.435 toneladas por camión.

Según los resultados expuestos en la sensibilización (ver ANEXO 1) se puede ver que para llegar a un porcentaje de toneladas transportadas como Brasil y México (25 %) se

deben agregar 48.5 millones de toneladas al sistema ferroviario, lo cual implica una reducción del 18 % del parque camionero, por lo que se estima que el Estado ante una inversión de mejora del sistema ferroviario, (en términos de disminución de probabilidad de muerte prematura) tendría cerca de 400 millones de dólares ahorrados.

Si nos comparamos con países desarrollados, como Estados Unidos y Australia para llegar a sus porcentajes de transporte nacional (40 %) se deben agregar 89 millones de toneladas al sistema ferroviario, lo cual implica una reducción del 33 % al parque camionero, por lo que se estima que el Estado ante una inversión de mejora del sistema ferroviario (en términos de disminución de probabilidad de muerte prematura), tendría cerca de 741 millones de dólares ahorrados.

Cabe recalcar que estas estimaciones son para tener un orden de magnitud monetario de lo que implica esto, para llegar a una estimación más exacta se necesita hacer un modelo econométrico que pueda medir el tráfico por tramos, fluído de vehículos, estacionalidad entre otros, para efectos de este estudio se escapaba de los alcances, pero se propone como futuro estudio para complementar este.

También se consideró la descongestión provocada ante esta nueva flota camionera y el impacto económico que tendrían las carreteras, si bien no se cuenta con suficiente información como para poder analizar en detalle los efectos de aumentar la carga ferroviaria en la congestión de las carreteras a lo largo del país, se consideró sólo la ruta 5 como referencia en este estudio, debido a que también será utilizada en el estudio económico más adelante

y de esta manera se pueda estudiar todo con el mismo referente.

Para esta situación, se tomó en consideración los efectos de la pérdida de tiempo debido a la alta congestión de tráfico y la medida del valor de tiempo del Reino Unido. En un informe de la Office of Rail Regulation of United Kingdom (ORR, 2013) se estima que por cada km-camión reemplazado por ferrocarril se obtiene un ahorro cercano a 22 centavos de dólar gracias a la descongestión provocada. (El informe estima en 28 centavos de libra el costo por milla, lo que a un cambio de 1,25 dólares por libra equivale a alrededor de 22 centavos de dólar por kilómetro.)

Cabe recalcar que una estimación precisa de los efectos en descongestión debiese considerar un análisis específico de la congestión para cada región, las pérdidas de tiempo y el valor de ese tiempo perdido para los conductores. Sin embargo, es un análisis que se escapa del objetivo de este trabajo, por lo que se dará sólo una adaptación gruesa del valor estimado para entregar una orden de magnitud de los potenciales ahorros para la sociedad.

La ruta 5 posee 3364 kilómetros de largo, considerando los escenarios de transporte ferroviario de 25 % y 40 % de la carga total transportada, se llega a un ahorro de 25 y 46 millones de dólares respectivamente, tal como se muestra en la siguiente tabla:

| CONGESTION                  |                   |            |
|-----------------------------|-------------------|------------|
| Ahorro tiempo descongestion |                   |            |
| 0.22                        | Ahorro por camión |            |
|                             | Pesos chilenos    | Dolares    |
| 25%                         | 17,937,463,676    | 25,052,324 |
| 40%                         | 32,885,350,072    | 45,929,260 |

Figura 6.1: Tabla de costos sociales por contaminación ambiental producido por camiones.  
Fuente: Elaboracion Propia.

## 6.2. Ambiental

En los tiempos actuales, la preocupación por el medio ambiente ha cobrado una relevancia muy importante, tanto en la agenda nacional, como a nivel global, en especial enfocado en las emisiones de carbono, en sus diversas formas: anhídrido carbónico, monóxido de carbono, o metano, todos gases de efecto invernadero.

Los transportes motorizados de la actualidad en su mayoría funcionan en base a combustibles fósiles, que son una de las fuentes principales de estas emisiones, por lo que su eficiencia, o facilidad de adaptación a medios menos o no contaminantes, es fundamental para evaluar los medios de transporte por los que se apostarán en el futuro, ya que la búsqueda de la carbono-neutralidad es ya un objetivo declarado para las Naciones Unidas y el Estado de Chile, en pos de la sostenibilidad de las economías humanas, y de los ecosistemas de la Tierra.

Así es que, para tomar cartas en el asunto, uno de los puntos a evaluar es, para efectos de este estudio, la comparativa en la cantidad de dióxido de carbono lanzado a la atmósfera por los medios de transporte seleccionados, el tren y el camión, en cuanto a su

aporte en cantidad de masa de estos gases, por cada tonelada-kilómetro movida, lo que es un indicador de desempeño de la eficiencia de uso de combustible de cada medio de transporte. También deben considerarse medidas adicionales para compararlos, como la viabilidad de cambiar el tipo de impulso de estos vehículos a electricidad. Además deben considerarse los materiales con que se fabrican, y que tan fácilmente se puede aplicar las 4R's del medio ambiente a cada uno de ellos, principalmente en sus componentes críticos, ruedas y motores.

Desglosando cada uno de estos puntos es posible hacer formar una comparativa basada en datos, y que de mayor objetividad a la búsqueda de un medio de transporte "limpio", entendiéndose como uno medio que o bien no emita gases de efecto invernadero, o gases contaminantes, así como que sea eficiente desde el punto de vista energético.

Uno de los indicadores principales para analizar que tan contaminante es una actividad o un equipo, es la cantidad de CO<sub>2</sub> (el gas de efecto invernadero más famoso, y de mayor abundancia) que emite por cada unidad de trabajo: en el caso de centrales de generación de energía, estos índices tienden a medirse en Toneladas de CO<sub>2</sub> por cada KWh producido. Para el caso de vehículos utilizados para transporte, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido se asocia a la distancia recorrida (kilómetros) y los litros de diesel quemados. Si bien el indicador más lógico debería ser por emisiones de CO<sub>2</sub> por ton-km, el "Department for Environment Food Rural Affair" del Reino Unido considera como una variable más precisa el uso de litros de diesel consumido, independiente del tipo de transporte o la carga (Defra, 2015). Se utilizó como factor 2.68 kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de diesel quemado y el precio social

según el Ministerio de Desarrollo Social, el cual es de 2.213 Pesos vigente al año 2015 (Chile's green tax Strategy, 2018).

Para realizar esta comparativa entre trenes y camiones se tomaron como referencia la distancia promedio que recorre un camionero profesional al año (equivalente a 92.500 kms), junto al rendimiento promedio que es de 30-40 km por litro de diesel (Telematics, 2019) y luego con el caso del tren se utilizarán los factores comentados en el capítulo anterior. Los resultados son los siguientes:

| TONELADAS CO2        |                 |                 |                 |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KM Camión al año     | 92,500.00       | Trenes Modernos | Trenes actuales |
| Litros Diesel Camión | 2,642.86        | 755.10          | 1,240.78        |
| Toneladas CO2        | 7,082.86        | 2,023.67        | 3,325.29        |
| \$ Chileno           | 15,674,362.86   | 4,478,389.39    | 7,358,855.80    |
| Dolares/Camión       | 21,891.57       | 6,254.73        | 10,277.73       |
|                      |                 |                 |                 |
| Dolares 18% menos    | 741,047,793.3   | 211,727,940.96  | 347,909,762.13  |
| Ahorro               |                 | 529,319,852.39  | 393,138,031.21  |
|                      |                 |                 |                 |
| Dolares 33% menos    | 1,358,587,621.1 | 388,167,891.75  | 637,834,563.91  |
| Ahorro               |                 | 970,419,729.38  | 720,753,057.22  |

Figura 6.2: Tabla de cantidad de combustible usado, por trenes y camiones, la cantidad de CO2 emitido a la atmósfera, y el costo de las emisiones según el precio social usado. Fuente: Elaboración Propia.

Se extrae de esta comparativa que en cuanto a los niveles de emisión de CO2 los trenes resultan ser menos nocivos en su aporte al efecto invernadero, que su contraparte de la carretera, los camiones. Estos resultados se obtienen al menos en los modelos impulsados por combustibles fósiles, sin embargo existe una fuerte tendencia hacia la electromovilidad que merece la pena ser analizada, ¿dentro de los medios de transporte eléctricos, los trenes seguirán manteniendo su ventaja?

Sumado a lo visto con anterioridad, debe considerarse la contaminación producida por el desgaste y desecho de componentes de las ruedas de los vehículos. En el caso de los trenes, cuyas ruedas están hechas de acero, prácticamente no hay contaminantes, ya que los desechos son a lo más piezas de metal inerte, que pueden ser reforjados para volver a ser reutilizados. Mismo caso para los rieles, donde se mueven los trenes, hechos de metal, y sometidos a procesos parecidos para su mantenimiento y reutilización.

En el caso de los camiones, estos utilizan ruedas con neumáticos, hechas principalmente de caucho, además de un agente vulcanizador como el azufre, más óxidos, plásticos y ácidos varios. En el caso del caucho, éste se degrada con el tiempo, liberando contaminantes derivados de su composición polimérica al medio ambiente, o en casos peores, son quemadas para deshacerse rápidamente de los neumáticos viejos, liberando estos compuestos de carbono a la atmósfera, en combinación con los otros compuestos del neumático, algunos de los compuestos liberados en este proceso son: material particulado en forma de hollín y cenizas, gases ácidos de azufre y cloro, metales pesados como mercurio, plomo o cadmio, CO<sub>2</sub> y CO, compuestos orgánicos volátiles a bajas temperaturas. Lamentablemente en la actualidad no hay estudios para valorizar este daño al ambiente, pero se quiso mencionar esto para que sea aporte a las conclusiones cualitativas.

### 6.3. Económico

Uno de los principales efectos de la implementación de un fuerte sistema ferroviario en Chile lograría sacar a un porcentaje significativo de camiones de las carreteras, para subir esa carga a las vías férreas.

Esta situación tiene algunas repercusiones interesantes en tanto en el sistema ferroviario, como en el sistema de carreteras de Chile. Una de ellas son los costos de mantención de las carreteras.

Las carreteras en Chile, y el mundo en general, se han diseñado para el daño en carretera que les provoca el peso de los camiones, el cual representa aproximadamente el 90 % de los costos de mantención de las redes de carreteras en Chile.

Por lo que es plausible argumentar que los costos de mantención asumidos por las diferentes empresas concesionarias, y por el Estado de Chile, son en un 90 % causados por el nivel de uso de los camiones en el sistema de carreteras chileno.

Para estimar este costo se toma para uso de comparación, las mantenciones realizadas en la ruta 5 de todas las concesiones, por lo que se recurre a las memorias anuales de las distintas concesionarias para el año 2014, encontrándose los siguientes resultados en la tabla a continuación:

| Autopista                 | Costos [miles de Pesos] | Costos [Dolares]  | Ahorro 18%       | Ahorro 33%        |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Ruta del Maule            | 5.030.928               | 8.498.189         | 1.376.707        | 2.523.962         |
| Ruta del Maipo            | 6.655.782               | 11.242.875        | 1.821.346        | 3.339.134         |
| Ruta Del Bosque           | 2.581.031               | 4.359.850         | 706.296          | 1.294.875         |
| Ruta de la Araucanía      | 2.310.703               | 3.903.215         | 632.321          | 1.159.255         |
| Ruta De Los Ríos          | 3.352.354               | 5.662.760         | 917.367          | 1.681.840         |
| Ruta de Los Lagos         | 3.217.426               | 5.434.841         | 880.444          | 1.614.148         |
| Ruta Del Canal            | 214.091                 | 361.640           | 58.586           | 107.407           |
| Autopista Central         | 1.222.461               | 2.064.968         | 334.525          | 613.295           |
| Ruta Del Aconcagua        | 3.325.997               | 5.618.238         | 910.155          | 1.668.617         |
| Ruta del Elqui            | 4.344.393               | 7.338.502         | 1.188.837        | 2.179.535         |
| Rutas Valles del Desierto | 534.514                 | 902.895           | 146.269          | 268.160           |
| <b>Total</b>              | <b>32.789.680</b>       | <b>55.387.973</b> | <b>8.972.852</b> | <b>16.450.228</b> |

Figura 6.3: Costos de Mantención Anual del año 2014 para las distintas autopistas de la Ruta 5, con conversión al valor del dólar en 2014 (3 de octubre de 2014) Fuente: Memorias Anuales de las Rutas del Maule, del Maipo, del Bosque, de la Araucanía, de Los Ríos, de Los Lagos, del Canal, del Aconcagua, del Elque, Valles del Desierto, y la Autopista Central.

A la vez al tener un aumento de toneladas transportadas en los rieles, esto implica un aumento a las mantenciones de éstas, además de un aumento a los ingresos de EFE (como se dijo anteriormente EFE gana solamente con el arriendo de las vías del tren a las empresas TRANSAP y FEPASA), tal como se muestran en la siguiente tabla:

| Ingresos y Mantenimiento de EFE |                |            |            |             |
|---------------------------------|----------------|------------|------------|-------------|
|                                 | Pesos          | Dolares    | 25%        | 40%         |
| Ingresos                        | 12,330,902,000 | 17,221,930 | 79,670,551 | 146,062,677 |
| Mantenimiento                   | 9,763,587,000  | 13,636,295 | 63,083,005 | 115,652,176 |

Figura 6.4: Tabla de ingresos y gastos en mantenimiento de EFE en 2018 .Fuente: Memoria Anual EFE 2018.

Cabe recalcar que estas estimaciones fueron proporcionales a los ingresos percibidos por EFE 2018, los cuales aumentan según la razón entre las nuevas toneladas y las actuales, lo mismo ocurre con las mantenciones, se podría llegar a unos valores más exactos utilizando otros métodos (de regresiones lineales por ejemplo) pero el objetivo del estudio es tener

una orden de magnitud monetaria aproximada. Las mantenciones deberían ser mas bajas debido a la modernidad de los trenes y actualizacion de las vías, pero esta estimación sirve como cota superior.

Tomando los valores de ahorros anuales de las secciones Ambiental y Social, en conjunto con los datos levantados en el sector netamente económico, y comparándolos con los montos de inversión anunciados para el Plan Chile sobre rieles (2019) por el presidente Sebastián Piñera Echeñique, donde se comprometen millones de dólares para el impulso del sistema ferroviario chileno, sumando a 150 millones de usuarios al sector de pasajeros, y contar por primera vez en la historia con toda la flota de locomotoras nuevas, y duplicar la carga transportada actualmente por EFE. El desglose del presupuesto de este plan aún no se conoce en detalle, pero si se han develado partes importantes del mismo. Uno de los aspectos relevantes que se conocen es que el 44 % de esta inversión estará concentrada en la Región Metropolitana, y este porcentaje se destinará prácticamente al sector de trenes de pasajeros. El otro 56 % se destinará a regiones, donde, tentativamente, gran parte de este presupuesto estará destinado a trenes de carga. Es así que se ha decidido suponer una repartición 0-100 para el presupuesto de la Región Metropolitana (0 % para transporte de carga, 100 % para transporte de pasajeros), y un 80-20 para el monto de las regiones (80 % para carga, 20 % para pasajeros), esto justificado en las investigaciones anteriormente hechas, donde el transporte férreo de pasajeros es económicamente conveniente en trayectos de flujo masivo de usuarios, como en el Gran Santiago, aunque también es posible que llegue a ser conveniente en zonas altamente urbanizadas en regiones, como la Conurbación Valparaíso-Viña del Mar, Concepción-Talcahuano, Temuco-Padre Las Casas, o incluso aprovechar la cercanía de Santiago y Rancagua. (EFE, 2019)

Si bien la publicación oficial del desglose del proyecto no ha sido publicada, se logró obtener la información que posee CONASET sobre el plan, la cual indica que la inversión para el transporte de carga asciende a 2179.3 mil millones de dólares. (EFE, 2019)

Para comparar los montos del plan, con la absorción de la carga reducida desde los camiones, y "subida" a los trenes, se compara con la sensibilización hecha con anterioridad, eligiéndose como percentiles para analizar los movimientos de carga de 25 % y 40 %. La implementación de estos planes similares, pero con mayor involucramiento en cuanto a transporte de carga, tendría costos estimados en 10362,49 millones de dólares, y 18997,89 millones de dólares respectivamente. Sin embargo, el llevar la carga al sistema ferroviario producirá ahorros anuales en 1145,94 y 2097,68 millones de dólares aproximadamente, ahorro para el Estado de Chile, por lo que es necesario evaluarse en cuanto tiempo se recuperará la inversión realizada por el Estado en el sistema ferroviario chileno. Al tratarse de un proyecto social se considerará una tasa de descuento del 6 % anual.

| RECUPERACION DE LA INVERSION |        | 25%      | 40%      |
|------------------------------|--------|----------|----------|
|                              | Año 1  | 1081,08  | 1981,98  |
|                              | Año 2  | 1019,89  | 1869,79  |
|                              | Año 3  | 962,16   | 1763,95  |
|                              | Año 4  | 907,69   | 1664,11  |
|                              | Año 5  | 856,32   | 1569,91  |
|                              | Año 6  | 807,85   | 1481,05  |
|                              | Año 7  | 762,12   | 1397,22  |
|                              | Año 8  | 718,98   | 1318,13  |
|                              | Año 9  | 678,28   | 1243,52  |
|                              | Año 10 | 639,89   | 1173,13  |
|                              | Año 11 | 603,67   | 1106,73  |
|                              | Año 12 | 569,50   | 1044,08  |
|                              | Año 13 | 537,26   | 984,98   |
|                              | TOTAL  | 10144,68 | 18598,58 |

Figura 6.5: Tabla de ahorros anuales en costos totales económicos, sociales y ambientales, llevados a valor presente al momento de hacer la inversión, considerando una tasa de descuento del 6 %. Fuentes: Elaboración propia

## 7. Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones

### 7.1. Conclusiones

Del estudio realizado se puede desprender que al sistema ferroviario le hace falta una gran inversión para poder compararse con los de países desarrollados e incluso hasta con sus países vecinos, si bien la inversión es alta, se puede ver como esta inversión tiene un retorno de 14 años, lo cual para ser una inversión del Estado es un tiempo de retorno bajo. Al ser un proyecto social no se busca necesariamente el que genere ganancias, por lo que sería aceptable tener pérdidas, teniendo un servicio público subvencionado con presupuesto estatal. No obstante, aquí se analiza el recorte de costos para el Estado mediante la elección de mejora del sistema ferroviario, y como esos ahorros cubrirían la inversión realizada. Esta mejora tendría, por lo demás, otros beneficios, como la mejora de los servicios logísticos que provee el país, lo que podría llevar a Chile a ser calificado de manera más competitiva en este aspecto.

Es muy importante recalcar las muertes provocadas por los camiones es un punto muy importante en este estudio, ya que el principal objetivo para el Estado es disminuir la probabilidad de muerte prematura y los resultados obtenidos de la sensibilización son muy positivos, ya que la reduce en un 17,8% la tasa de camión/muerte (para un transporte de toneladas equivalente al 25 % de lo que se transporta en el país), lo cual mostraría un progreso importante para el país y su seguridad vial.

También los ahorros percibidos por descongestión se llegaron a valores de ahorros po-

tenciales muy interesantes, utilizando valores utilizados en el Reino Unido se identificó un ahorro de 529 millones de dólares (con un 25 % de carga transportada).

Se puede entender como los camiones afectan tremendamente al medio ambiente debido a sus altas emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual acelera el cambio climático mediante un refuerzo del efecto invernadero, afectando negativamente diferentes ecosistemas alrededor del mundo, así como también en Chile, con la desgraciadamente extensa sequía que se extiende hace ya varios años en la zona centro-norte del país. El precio social de estas emisiones se encuentra cuantificado, y es posible establecer el costo para el país de estas emisiones negativas para la situación actual, detectando un ahorro en el costo en el sentido medioambiental, de entre 390 y 720 millones de dólares. También se señala que los mismos componentes de los vehículos deben ser sometidos a investigación, ya que como se pone en evidencia, la degradación de los neumáticos genera una variedad de componentes contaminantes altamente nocivos, tanto para la vida humana, como para otros seres vivos.

Los ahorros por parte de las mantenciones de las carreteras podría afectar positivamente a las carreteras en si, ya que se extendería su esperanza de vida, considerando que con un menor tránsito de vehículos de gran tonelaje, el daño que reciben, las mantenciones a las que son sometidas, y las diferentes reparaciones que requieren disminuirían de manera significativa.

Por último cabe recalcar lo importante que son los 1900 km de vía férrea que están perdidos en el norte, los cuales son esenciales para unir a todo Chile en solo un sistema

ferroviario y así facilitar el transporte de carga a lo largo de todo el país

## **7.2. Limitaciones**

El principal obstáculo de este estudio fue contar con poca información como por ejemplo sobre las capacidades máximas de los trenes, la eficiencia actual del sistema ferroviario y costo de adquisición de un nuevo tren, tanto de EFE como del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones siendo lenta y no alcanzó a ser enviada dicha información junto a otros datos que hubiesen ayudado a la investigación para llegar a los resultados más precisos.

También hubiese sido de mucha ayuda el desglose del Plan Chile sobre rieles, ya que éste no se encontraba disponible y sólo se contó con la información que se informó a la prensa.

Es muy importante recalcar que este estudio tiene limitaciones políticas, dado que el gremio camionero es muy fuerte en el país, debido a que ellos tienen la capacidad de detener la cadena logística del país cada vez que amenazados mediante paros nacionales. Esto último complica mucho el que pueda llevarse a cabo un proyecto tan grande como este, sin la oposición del gremio camionero.

## **7.3. Recomendaciones**

Para complementar este estudio se recomienda como se dijo anteriormente una estimación con un modelo econométrico para calcular con mayor precisión la cantidad de muertes ante un traspaso considerable de toneladas al sistema ferroviario.

El uso de la electricidad como fuente de energía para los vehículos no es precisamente muy novedoso en el caso de los trenes, pero si lo ha sido en el caso de los camiones, los cuales han mejorado tremendamente en cuanto eficiencia y autonomía. Como técnicamente ambos son carbono-neutrales en su operación, la comparación que interesa en este caso particular es la eficiencia energética de ambas alternativas y sería interesante analizar los cambios del escenario para ver si el tren sigue siendo mejor opción.

También sería útil un estudio para determinar el efecto negativo que tiene el caucho de los neumáticos de los camiones para poder valorizar este daño a la sociedad y así tener una imagen más clara sobre el daño que producen los camiones en la sociedad.

Por último se podría hacer un estudio para analizar la recuperación de los 1900 km de vías que están perdidas en el norte que están en posesión de la empresa privada FERRONOR y los beneficios que tendría esta incorporación de líneas de tren al sistema ferroviario.

## REFERENCIAS

Alvarez-Palau E. (2015a) *Ferrocarril y sistema de ciudades. Integración e impacto de las redes ferroviarias en el contexto urbano europeo* Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales - Universidad de Barcelona.

Asociación de Ingenieros de Colombia (2011) [En Línea] Colombia: La trocha estandar y su aplicación en el proyecto tren de cercanías. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <https://es.slideshare.net/alexa842003/la-trocha-estandar-y-su-aplicación-en-el-proyecto-tren-de-cercanias>

Autopista Central (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [https://www.autopistacentral.cl/resources/documentos/memorias/2014/Memoria\\_Anual\\_2014.pdf](https://www.autopistacentral.cl/resources/documentos/memorias/2014/Memoria_Anual_2014.pdf)

Bueker (2019) [En Línea]: map of Germany Karte von Deutschland [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: [http://bueker.net/trainspotting/maps\\_germany.php?print=print/](http://bueker.net/trainspotting/maps_germany.php?print=print/)

CADENASER [En Línea] Chile (2017): El "cohete" que conectó Liverpool y Mánchester en 1829. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: [http://cadenaser.com/programa/2017/10/16/la\\_ventana/1508164808\\_002301.html](http://cadenaser.com/programa/2017/10/16/la_ventana/1508164808_002301.html)

Cámara Chilena de la Construcción [En Línea] Chile (2018): Infraestructura Crítica para el Desarrollo. [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: <http://www.cchc.cl/uploads/landing/ICDMemoria2018.pdf>

CONASET [En Línea] Chile (2014): Cifras de accidentabilidad de camiones en Chile.

[Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: [http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/Presentacion\\_CONASET.pdf](http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/Presentacion_CONASET.pdf)

Cuéntame (2018) [En Línea] México: Ferrocarril [Consultado en 12 de Diciembre 2018]

Disponible en: <http://cuéntame.inegi.org.mx/economia/terciario/transporte/ferrocarril.aspx?tema=E/>

Danbujé [En Línea] Chile (2009): El ferrocarril en América Latina como modelador del

territorio. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://danbujé.blogspot.com/2009/10/ferrocarril.html>

Defra (2019) [En Línea] United Kingdom: Government emission conversion

factors for greenhouse gas company reporting [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>

Diario el Día [En Línea] Chile (2018):Vecinos realizan gestiones en San-

tiago para recuperar histórica locomotora.[Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://www.diarioeldia.cl/region/vecinos-realizan-gestiones-en-Santiago-para-recuperar-histórica-locomotora>

ElMostrador [En Línea] Chile (2018): El regreso de los trenes es ineludible.[Consultado

en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <https://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2018/04/15/el-regreso-de-los-trenes-es-ineludible/>

ElNortero [En Línea] Chile (2012): Antofagasta y Salta estrechan la-

zos para reactivar ferrocarril trasandino.[Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://www.elnortero.cl/noticia/sociedad/antofagasta-y-salta-estrechan-lazos-para-reactivar-ferrocarril-trasandino>

ElPais [En Línea] Chile (1989): La Conferencia Internacional Ferroviaria, contra la privatización del tren. [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: [https://elpais.com/diario/1989/09/23/economia/622504812\\_850215.html](https://elpais.com/diario/1989/09/23/economia/622504812_850215.html)

Empresa de Ferrocarriles del Estado (2017) *Memoria Anual 2017* Informe anual EFE - Grupo EFE.

Empresa de Ferrocarriles del Estado (2018) *Memoria Anual 2018* Informe anual EFE - Grupo EFE.

Empresa de Ferrocarriles del Estado (2019) [En Línea] Chile: Presidente Piñera anunció plan Chile sobre Rieles [Consultado en 20 de Septiembre 2019] Disponible en: <http://www.efe.cl/sala-de-prensa/noticias/presidente-pinera-anuncio-plan-chile-sobre-rieles-que-considera-una-inversion-que-s>

Empresa de Ferrocarriles del Estado (2017) *Reglamento de trafico ferroviario* Informe Técnico EFE - Grupo EFE.

Empresa de Ferrocarriles del Estado (2019) *Plan Estrategico 2020-2027: Chile sobre Rieles* Informe EFE - Grupo EFE.

Encyclopedia Britannica (2019) [En Línea]: Deutsche Bahn AG [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <https://www.britannica.com/topic/Deutsche-Bahn-AG#ref153173>

Gov.uk (2013) [En Línea] United Kingdom: Statistics and data about the national rail system in Great Britain. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/rai04-rail-freight>

Green Lab UC (2014) [En Línea] Chile: “Estimación del Valor de la Vida Estadística asociado a Contaminación Atmosférica y Accidentes de Tránsito [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <http://www.greenlabuc.cl/wp-content/uploads/2016/04/2014-VVE-Informe-Final-23Dic2014-1125-casos.pdf>

Helpes (2015) [En Línea] United States: Transporte ferroviario en los Estados Unidos. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://www15.helpes.eu/01085214/TransporteFerroviarioEnLosEstadosUnidos>

Historiana (2019) [En Línea] Unión Europea: Development of the Railway System in the German Tariff Union (German Reich) [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <https://historiana.eu/case-study/looking-for-work/development-railway-system>

ICEX (2019) [En Línea] España: Estudio de mercado. El mercado del ferrocarril en Australia 2017 [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2017768146.html?idPais=AU>

ICEX (2019) [En Línea] España: Ficha sector. El sector ferroviario en Alemania 2018 [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <https://www.icex.es/icex/es/>

[navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2018801074.html?idPais=DE](http://navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2018801074.html?idPais=DE)

InfraestructuraPública (2018) [En Línea] Chile: OCDE sugiere a Chile hacer frente a las deficiencias de conectividad entre puertos y ferrocarriles [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://www.infraestructurapublica.cl/ocde-sugiere-a-Chile-hacer-frente-a-las-deficiencias-de-conectividad-entre-puertos->

MeioNorte (2009) [En Línea] Brasil: Transporte de mercadorias no Brasil [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <https://www.meionorte.com/blogs/josefortes/transporte-de-mercadorias-no-brasil-97963/>

Memoria chilena [En Línea] Chile (2018): El Ferrocarril del Sur (1855-1913) [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3384.html>

Ministerio de Desarrollo social (2017) [En Línea] Chile: Estimación del Valor de la Vida Estadística en Chile a través del Enfoque de Disposición a Pagar [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/estimacion-estadistica-de-la-vida-por-capital-humano-3/?wpdmdl=2520>

Ministerio de Energía (2018) [En Línea] Chile: Chile's green tax strategy [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: <https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2018/05/1.-Strategy.-Chile%C2%B4s-Green-Tax.pdf>

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones [En Línea] Chile (2018): Antecedentes del

sector ferroviario. [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: <http://www.mtt.gob.cl/pdl/ferroviario/antecedentes-del-sector>

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones [En Línea] Chile (2007): ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO DEL MODO DE TRANSPORTE FERROVIARIO [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://www.subtrans.cl/upload/estudios/DiagnosticoFerroviario-RE.pdf>

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones [En Línea] Chile (2013): Plan de Impulso a la carga Ferroviaria. [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: [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)

Office of rail Regulation (2013) [En Línea] United Kingdom: Consultation on the variable usage charge and on a freight-specific charge [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <https://orr.gov.uk/rail/consultations/policy-consultations-by-topic/pr13-consultations/variable-usage-charge-and-a-freight-specific-charge>

Portal Portuario [En Línea] Chile (2018): Empresa Portuaria Coquimbo prepara reactivación de la conexión férrea al puerto. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <https://portalportuario.cl/empresa-portuaria-coquimbo-prepara-reactivacion-de-la-conexión-férrea-al-puerto/>

Rail.co.uk (2013) [En Línea] United Kingdom: History of British Rail [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <http://www.rail.co.uk/british-railway-history/british-rail/>

RevistaEI [En Línea] Chile (2015): Solo 10% de la carga en Chile se mue-

ve en tren, cuatro veces menos que EE.UU. o Australia. [Consultado en 20 de Noviembre 2018] Disponible en: <http://www.revistaei.cl/2015/02/20/solo-10-de-la-carga-en-chile-se-mueve-en-tren-cuatro-veces-menos-que-ee-uu-o-australia/#>

Ruta de Los Lagos (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: <http://www.scloslagos.cl/images/memorias/archivos/memoria-anual-2014.pdf>

Ruta de la Araucanía (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual Ruta Araucanía - 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: <https://www.rutaaraucania.cl/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-Anual-Araucania.pdf>

Ruta de Los Ríos (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual Ruta de los Ríos - 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: <https://www.rutarios.cl/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-Rios.pdf>

Ruta del Aconcagua (2019) [En Línea] Chile: Memoria 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [http://scada.cl/pdf/memoria\\_historica/MEMORIA\\_SCADA\\_2014.pdf](http://scada.cl/pdf/memoria_historica/MEMORIA_SCADA_2014.pdf)

Ruta del Bosque (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [https://www.rutabosque.cl/site/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-\\_Bosque.pdf](https://www.rutabosque.cl/site/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-_Bosque.pdf)

Ruta del Canal (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de

Septiembre 2019] Disponible en: [http://www.rutadelcanal.cl/descarga/estados/MEMORIA\\_2014.pdf](http://www.rutadelcanal.cl/descarga/estados/MEMORIA_2014.pdf)

Ruta del Elqui (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [http://www.rutasdelelqui.cl/resources/documentos/Memoria\\_Elqui\\_al\\_31\\_de\\_Diciembre\\_2014.pdf](http://www.rutasdelelqui.cl/resources/documentos/Memoria_Elqui_al_31_de_Diciembre_2014.pdf)

Ruta del Maipo (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [https://www.rutamaipo.cl/site/dev/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-\\_Bosque.pdf](https://www.rutamaipo.cl/site/dev/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-_Bosque.pdf)

Ruta del Bosque (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [https://www.rutamaipo.cl/site/dev/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-\\_Bosque.pdf](https://www.rutamaipo.cl/site/dev/wp-content/uploads/2012/08/Memoria-_Bosque.pdf)

Ruta del Maule (2019) [En Línea] Chile: Memoria Anual 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: [https://www.rutamaule.cl/site/wp-content/uploads/2012/08/Memoria\\_Maule2015.pdf](https://www.rutamaule.cl/site/wp-content/uploads/2012/08/Memoria_Maule2015.pdf)

Ruta Valles del Desierto (2019) [En Línea] Chile: Memoria 2014 [Consultado en 26 de Septiembre 2019] Disponible en: <http://www.scvallesdeldesierto.cl/wp-content/uploads/2017/04/Memoria-2014.pdf>

Telematics (2019) [En Línea] España: ¿Conoces el consumo de diésel de un camión por km? [Consultado en 20 de Septiembre 2019] Disponible en: [https://www.webfleet.com/es\\_es/webfleet/blog/conoces-el-consumo-de-diesel-de-un-camion-por-km/](https://www.webfleet.com/es_es/webfleet/blog/conoces-el-consumo-de-diesel-de-un-camion-por-km/)

TresCarriles (2019) [En Línea]: Historia de las principales Compañías Ferroviarias reproducidas por Märklin [Consultado en 22 de Julio 2019] Disponible en: <http://www.trescarriles.com/eras-del-ferrocarril.html>

TuHistory [En Línea] Chile (2018): Se inaugura en Cuba el primer tren de Latinoamérica. [Consultado en 12 de Diciembre 2018] Disponible en: <https://cl.tuhistory.com/hoy-en-la-historia/se-inaugura-en-cuba-el-primer-tren-de-latinoamérica>

## 8. Anexos

| SENSIBILIZACIÓN CAMIONES |                         |                         |                                   |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|                          | Chile                   | Inglaterra              | Toneladas por camion al año       |
| Camiones                 | 189,554                 | 473,932                 | 1,435                             |
| Accidentes               | 5,978                   | 18,505                  | cantidad de muertes objetivo      |
| Muertes                  | 708                     | 177                     | 71                                |
|                          |                         |                         | Cantidad de flota camionera ideal |
| Tasa muerte/camion       | 0.00374                 | 0.00037                 | 18954                             |
|                          |                         |                         |                                   |
| SENSIBILIZACION          | tasa                    | cantidad de muertes     | nueva flota de camiones           |
|                          | 0.00362                 | 687                     | 183,912                           |
| 0.0001                   | 0.00351                 | 666                     | 178,270                           |
|                          | 0.00340                 | 645                     | 172,629                           |
|                          | 0.00329                 | 624                     | 166,987                           |
|                          | 0.00318                 | 603                     | 161,345                           |
|                          | 0.00307                 | 582                     | 155,703                           |
|                          | 0.00296                 | 560                     | 150,061                           |
|                          | 0.00285                 | 539                     | 144,420                           |
|                          | 0.00273                 | 518                     | 138,778                           |
|                          | 0.00262                 | 497                     | 133,136                           |
|                          | 0.00251                 | 476                     | 127,494                           |
|                          | 0.00240                 | 455                     | 121,852                           |
|                          | 0.00229                 | 434                     | 116,211                           |
|                          | 0.00218                 | 413                     | 110,569                           |
|                          | 0.00207                 | 392                     | 104,927                           |
|                          | 0.00196                 | 371                     | 99,285                            |
|                          | 0.00185                 | 350                     | 93,643                            |
|                          | 0.00173                 | 329                     | 88,002                            |
|                          | 0.00162                 | 308                     | 82,360                            |
|                          | 0.00151                 | 287                     | 76,718                            |
|                          | 0.00140                 | 265                     | 71,076                            |
|                          | 0.00129                 | 244                     | 65,434                            |
|                          | 0.00118                 | 223                     | 59,792                            |
|                          | 0.00107                 | 202                     | 54,151                            |
|                          | 0.00096                 | 181                     | 48,509                            |
|                          | 0.00084                 | 160                     | 42,867                            |
|                          | 0.00073                 | 139                     | 37,225                            |
|                          | 0.00062                 | 118                     | 31,583                            |
|                          | 0.00051                 | 97                      | 25,942                            |
|                          | 0.00040                 | 76                      | 20,300                            |
|                          |                         |                         |                                   |
|                          | Cant camiones fuera 25% | Cant camiones fuera 40% |                                   |
|                          | 33851                   | 62,060                  |                                   |
|                          | 0.18                    | 0.33                    |                                   |

Figura 8.1: Tabla de datos y sensibilización realizada en el caso de los camiones. Fuentes: Elaboración propia

| SENSIBILIZACIÓN TRENES        |                       |                              |                             |                     |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|
|                               | Toneladas actual tren | Toneladas transportadas pais | Costo social muerte/UF      | Costo social        |
| CHILE                         | 28,000,000            | 300,000,000                  | 81,739                      | \$ 2,290,979,874.61 |
| EFE                           | 10,500,000            |                              | Costo social muerte dolares | Dólar               |
|                               |                       |                              | \$ 3,199,692.56             | 716                 |
| Toneladas pasadas a tren idea | Toneladas total tren  | %                            | Costo Actual muertes        | UF                  |
| 244,802,697                   | 272,802,697           | 90.93423248                  | \$ 2,265,382,334            | 28027.99            |
| Toneladas pasadas a tren      | Toneladas total tren  | %                            | Costo muertes               | Costo salvado       |
| 8,095,693                     | 36,095,693            | 12.03189775                  | \$ 2,197,956,450            | \$ 67,425,884       |
| 16,191,387                    | 44,191,387            | 14.73046217                  | \$ 2,130,530,566            | \$ 134,851,768      |
| 24,287,080                    | 52,287,080            | 17.42902659                  | \$ 2,063,104,682            | \$ 202,277,652      |
| 32,382,773                    | 60,382,773            | 20.12759101                  | \$ 1,995,678,798            | \$ 269,703,537      |
| 40,478,466                    | 68,478,466            | 22.82615543                  | \$ 1,928,252,913            | \$ 337,129,421      |
| 48,574,160                    | 76,574,160            | 25.52471985                  | Brasil - Mexico             | \$ 1,860,827,029    |
| 56,669,853                    | 84,669,853            | 28.22328427                  | \$ 1,793,401,145            | \$ 471,981,189      |
| 64,765,546                    | 92,765,546            | 30.92184869                  | \$ 1,725,975,261            | \$ 539,407,073      |
| 72,861,239                    | 100,861,239           | 33.62041311                  | \$ 1,658,549,377            | \$ 606,832,957      |
| 80,956,933                    | 108,956,933           | 36.31897753                  | \$ 1,591,123,493            | \$ 674,258,842      |
| 89,052,626                    | 117,052,626           | 39.01754195                  | USA - Australia             | \$ 1,523,697,608    |
| 97,148,319                    | 125,148,319           | 41.71610637                  | \$ 1,456,271,724            | \$ 809,110,610      |
| 105,244,012                   | 133,244,012           | 44.41467078                  | \$ 1,388,845,840            | \$ 876,536,494      |
| 113,339,706                   | 141,339,706           | 47.1132352                   | \$ 1,321,419,956            | \$ 943,962,378      |
| 121,435,399                   | 149,435,399           | 49.81179962                  | \$ 1,253,994,072            | \$ 1,011,388,262    |
| 129,531,092                   | 157,531,092           | 52.51036404                  | \$ 1,186,568,188            | \$ 1,078,814,146    |
| 137,626,785                   | 165,626,785           | 55.20892846                  | \$ 1,119,142,304            | \$ 1,146,240,031    |
| 145,722,479                   | 173,722,479           | 57.90749288                  | \$ 1,051,716,419            | \$ 1,213,665,915    |
| 153,818,172                   | 181,818,172           | 60.6060573                   | \$ 984,290,535              | \$ 1,281,091,799    |
| 161,913,865                   | 189,913,865           | 63.30462172                  | \$ 916,864,651              | \$ 1,348,517,683    |
| 170,009,558                   | 198,009,558           | 66.00318614                  | \$ 849,438,767              | \$ 1,415,943,567    |
| 178,105,252                   | 206,105,252           | 68.70175056                  | \$ 782,012,883              | \$ 1,483,369,451    |
| 186,200,945                   | 214,200,945           | 71.40031498                  | \$ 714,586,999              | \$ 1,550,795,335    |
| 194,296,638                   | 222,296,638           | 74.0988794                   | \$ 647,161,114              | \$ 1,618,221,220    |
| 202,392,331                   | 230,392,331           | 76.79744382                  | \$ 579,735,230              | \$ 1,685,647,104    |
| 210,488,025                   | 238,488,025           | 79.49600824                  | \$ 512,309,346              | \$ 1,753,072,988    |
| 218,583,718                   | 246,583,718           | 82.19457266                  | \$ 444,883,462              | \$ 1,820,498,872    |
| 226,679,411                   | 254,679,411           | 84.89313707                  | \$ 377,457,578              | \$ 1,887,924,756    |
| 234,775,104                   | 262,775,104           | 87.59170149                  | \$ 310,031,694              | \$ 1,955,350,640    |
| 242,870,798                   | 270,870,798           | 90.29026591                  | \$ 242,605,810              | \$ 2,022,776,525    |

Figura 8.2: Tabla de datos y sensibilización realizada en el caso de los trenes. Fuentes: Elaboración propia