



**EL FERROCARRIL, ALTERNATIVA DE TRANSPORTE METROPOLITANO.**

**CASO: TREN DE CERCANÍA SANTIAGO - MELIPILLA**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

.....Estudiante:  
Ian Duncan Mc Phee Cruz

Profesor guía:  
Alejandro Ossandón  
Profesor Consultor:  
Jorge Alliende  
Junio 2017  
Santiago, Chile

## Agradecimientos.

Quisiera partir agradeciendo a quienes me dieron las facultades y oportunidades para desarrollarme primero como persona, luego como ser social y ahora, si este trabajo me lo permite, como profesional. De la misma forma que lo hacen ellos conmigo, con mucho cariño, a mis padres. A mis hermanos por recordarme a diario, lo diferentes que somos y lo mucho que nos complementamos a nivel intelectual y de entretenimiento. Muy especialmente a mi hermana, no por ser la persona que quería que fuera, sino por ser la hermana que necesito, mi compañera del medio que sabe como pocos, mi mundo interno.

Soy un privilegiado por alcanzar este nivel de estudio y siempre seré un agradecido de aquello, tratando a la vez, de retribuir con mis capacidades a mis cercanos principalmente y a quienes logre alcanzar en sus vidas.

A mi profesor consultor Jorge Alliende por su buena disposición para conmigo y cooperación con el material e información, además de su asesoría entregada en la realización de este trabajo.

# Índice.

## **Tabla de Contenidos.**

Resumen.....	4
Summary.....	5
Introducción.....	6
<b>1.- Historia del Ferrocarril en Chile.....</b>	<b>9</b>
1.1.- Primer Ferrocarril en Chile. Copiapó - Caldera.....	9
1.2.- Ferrocarril Santiago – Valparaíso.....	11
<b>2.- Tipos de Ferrocarriles.....</b>	<b>14</b>
2.1.- Ferrocarriles de Carga.....	15
2.1.1.- Tipos de Tren de Carga.....	15
2.1.2.- Tipos de Vagones para Ferrocarriles de Carga.....	17
2.2.- Transporte Ferroviario de Cargas en Chile.....	19
2.3.- Transporte Ferroviario de Pasajeros en Chile.....	24
<b>3.- Ferrocarriles de Media y Alta Velocidad.....</b>	<b>33</b>
3.1.- Ferrocarriles de Pasajeros.....	33
3.1.1.- Tipos de Trenes de Pasajeros.....	34
3.2.- InterCity del Reino Unido.....	42
<b>4.- Trenes de Cercanía en el Mundo.....</b>	<b>49</b>
4.1.- Los 10 Trenes de Cercanía más Rápidos del Mundo.....	50
<b>5.- Construcción de una Vía Férrea.....</b>	<b>63</b>
5.1.- Superestructura: Partes de una Vía Férrea.....	64
5.1.1.- Riel o Carril.....	65
5.1.2.- Durmientes.....	67
5.1.3.- Placas para Durmientes. Fijación riel-durmiente.....	68
5.1.4.- Balasto.....	69
5.1.5.- Estudios para Ruta Férrea.....	70
5.2.- Obras de Arte.....	71

5.2.1.- Carga Viva o Tren Tipo de Cálculo. ....	71
5.2.2.- Coeficiente Dinámico o Impacto. ( $\varphi$ ) .....	73
5.2.3.- Consideración de la Velocidad. ....	74
5.2.4.- Flecha y Contraflecha.....	76
5.2.5.- Fuerza Longitudinal en el Freno.....	77
5.2.6.- Empuje de Tierras.....	77
5.2.7.- Apoyos.....	78
5.2.8.- Fuerza Centrífuga. ....	79
5.2.9.- Presión de Viento. ....	79
5.2.10.-Choque Lateral. ....	79
5.2.11.- Tableros Abiertos. ....	80
5.2.12.- Esfuerzo Sísmico.....	80
5.2.13.- Puentes con Tablero para Vía Múltiple.....	80
5.2.14.- Efecto Térmico. ....	81
5.3.- Construcción: Procedimientos de Obra.....	81
5.3.1.- Preparación del Terreno. ....	81
5.3.2.- Soldaduras de Rieles.....	84
5.3.3.- Maquinaria Utilizada en Construcción y Mantenimiento de una Vía. ....	87
<b>6.- Proyecto Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.....</b>	<b>95</b>
6.1.- Antecedentes Generales. ....	98
6.2.- Tramos. ....	99
6.2.1.- Modalidad de Servicios. ....	99
6.2.2.- Sistemas de Cobros.....	101
6.3.- Trazado.....	101
6.4.- Estaciones.....	102
6.5.- Material Rodante. ....	106
6.6.- Obras Civiles.....	107
6.6.1.- Vías Férreas.....	107
6.6.2.- Confinamiento de las Vías.....	108
6.6.3.- Puentes.....	110

6.6.4.- Cruces Viales.....	111
6.6.5.- Pasos Peatonales.....	113
6.6.6.- Talleres y Cocheras. ....	114
6.6.7.- Expropiaciones. ....	114
6.7.- Costos.....	115
6.8.- Concesión.....	118
<b>7.- Conclusiones.....</b>	<b>120</b>
Bibliografía. ....	122

## Resumen.

En el presente trabajo se explica la relevancia histórica del ferrocarril que ha perdido protagonismo y requiere de insertarse urgentemente, como propulsor de desarrollo de las comunidades a lo largo del territorio nacional. Se presentan las características de todas las modalidades de los trenes en Chile, ya sean de carga o de pasajeros operativos actualmente. Es importante mencionar que la eficiencia energética y medioambiental de este medio de transporte es comparativamente superior a sus competidores como los camiones y buses.

En el mundo, el ferrocarril ha significado crecimiento y conectividad, por lo que se analizan ejemplos de sistemas ferroviarios que pudieran ser replicables a nivel nacional, además de una descripción de los trenes de pasajeros más rápidos que operan en la actualidad.

Se explican, también, los procesos constructivos involucrados en la ejecución de una vía férrea con el detalle de los procedimientos que se deben aplicar.

Posteriormente, para revelar la actualidad nacional con respecto a la importancia del ferrocarril y la forma en que valoramos el transporte público, se detalla la investigación y estudio de un tren de cercanía de Santiago a Melipilla, proyecto rentable con un modelo de concesión explicado en este trabajo, probado internacionalmente que puede ser una solución a la problemática del transporte público en el sector Sur poniente de la capital y de las locaciones aledañas que necesitan una alternativa para movilizarse diariamente a sus trabajos y hogares. Dicho proyecto puede también marcar un precedente a futuros proyectos que están ya estudiados pero que no cuentan con el sustento financiero ni político.

## Summary.

This paper aims at explaining the historical relevance of the railway, which has lost its leadership and urgently needs to be reinserted as development promoter of the communities in the national territory. The main characteristics of all kinds of trains in Chile are mentioned, whether they are for load or passengers transportation which are operative nowadays. It is important to mention the energetic and environmental efficiency of this type of transportation, being better in comparison to its competition, such as trucks and buses.

Around the world, the railway has connected and brought development to the communities; therefore, examples of international train systems that can be replicated in Chile are analyzed. Moreover, a description of the fastest passenger railways operative nowadays is also mentioned.

Furthermore, the constructive processes involved in the construction of a railroad track are explained, considering the detailed procedures that must be taken care of.

Subsequently, in order to reveal the national relevance of the railway and the way we value our public transport, the research and study of a commuter train between Santiago and Melipilla is detailed. A profitable project with a concession model explained in this paper, which has been internationally proved may be the solution for the public transport problem in the southwest side of the capital city and the surrounding cities; where a competitive transportation alternative for the people to travel to their work places and homes is needed. The project can set a precedent in regard to future projects already studied, but with lack of resources and political support.

## Introducción.

Este informe tiene la intención de recordar la historia de los ferrocarriles en Chile y contar los hechos más relevantes que concluyeron en lo que se presenta en la actualidad de dicho medio de carga y transporte masivo. Junto con esto reconocer los beneficios que se lograron y expresar una opinión respecto al tema.

La influencia extranjera en el desarrollo del que en su tiempo fue el proyecto moderno de Sudamérica es ineludible. Es por esto que se hará mención a los protagonistas de la historia en los tiempos correspondientes junto con sus intervenciones en la historia.

Chile es un país minero que a lo largo de toda su historia contemporánea ha sido un hospitalario dueño de casa para los inversores extranjeros y de esa forma ha podido modernizar la infraestructura civil local de manera bastante ágil, en comparación a otros países de la región.

La situación en Chile es alentadora para los que consideramos que el ferrocarril, implementado bajo la administración de una política estatal, es una alternativa y solución para las ineficiencias del actual modelo de transporte de carga y pasajeros.

Lamentablemente la principal limitante que tiene el “renacer” del ferrocarril en Chile es la infraestructura existente y es ahí donde se encuentra el desafío.

*“Buena parte de nuestras vías férreas fue construida pensando más en abaratar costos que en brindar competitividad. Por ello, en una fracción menor de nuestra infraestructura, es posible operar trenes pesados, largos o rápidos.”* (Publicado en 19 Noviembre, 2014 por Directorio del Instituto Ferroviario de Chile).

Hoy en día la competitividad del mercado es lo que incentiva a que comience la inversión que requiere la realidad de la infraestructura en territorio nacional. Por otra parte, el gran obstáculo para apresurar la materialización de los proyectos (que serán mencionados en este trabajo) es la realidad topográfica y extensión geográfica. Por lo que tener una red ferroviaria competitiva tardará años.

Se nombrará y describirá los tipos de ferrocarriles existentes en la actualidad. Las cualidades que cada uno de ellos presentan que determinan sus características de uso, considerando también qué tan eficientes son con respecto a los recursos que se predisponen. Junto con esto, mencionar las fuentes de energía que necesitan y de acuerdo a eso, opinar sobre su “sustentabilidad” e impacto ambiental que generan.

Especificar el capítulo anterior con los trenes más avanzados del mundo que son los de media y alta velocidad. Detallar sobre sus costos y requerimientos técnicos para poder ser construidos. Hoy en día, estos tipos de ferrocarriles son altamente cotizados para transporte de cargas y pasajeros en los países más desarrollados del mundo en estas materias.

Existen ejemplos mundiales de trenes de cercanía que se mencionarán y describirán sus características para que de esa forma se conozca de mejor manera el mapa global del ferrocarril. Luego, empezar a dilucidar las oportunidades y beneficios que presenta este tipo de transporte y que Chile pudiese aprovechar o desechar. Tomar este tipo de iniciativas depende de una política de Estado, por lo que son decisiones a medio y largo plazo.

Explicar los procesos de diseño de trazado de sus estaciones y vías, dificultades y soluciones constructivas del proyecto de tren de cercanía Melipilla – Santiago. Se procederá también, a detallar las potencialidades, los desafíos y beneficios que presenta, justificando con datos estadísticos e información técnica que sustente lo que se pretende realizar, considerando siempre en el análisis, a las localidades que se verían beneficiadas y los impactos ambientales que produciría un proyecto de tal magnitud. Actualmente el inicio de la construcción, está siendo postergado por el estudio de impacto ambiental que aún no es aprobado, alargando el plazo que éste tenía (la construcción debió haber empezado a mediados del año 2016) y dejando en espera a unas 30 millones de personas que se verían beneficiadas anualmente, ya sea en tiempos de viajes y en los valores que deben pagar para realizar este trayecto. Es decir su calidad de vida puede mejorar sustancialmente.

Existe una particularidad en este ferrocarril suburbano que se trata sobre el tipo de contrato que tendrá. Producto de una desaceleración económica y de que este proyecto no es parte de las prioridades gubernamentales, se cree que concesionar, puede ser una alternativa viable. Tal como lo dijo el actual Ministro de Transportes y Telecomunicaciones Andrés Gómez-Lobo: *“La concesión podría ser por partes: La operación, la provisión de material rodante, la infraestructura o bien, el servicio completo”*. Esta iniciativa es inédita en Chile y experiencias internacionales indican que puede funcionar. Un ejemplo de ello es el caso de Gran Bretaña, donde las vías y su mantención pertenecen y son responsabilidad del Estado, mientras el privado es dueño de los trenes y se encarga de todas sus operaciones. Si esto tiene los resultados esperados, la colaboración entre el sector privado y el estado (EFE<sup>1</sup>) puede resultar en

---

<sup>1</sup> EFE: Empresa de los Ferrocarriles del Estado.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

una solución para el problema del transporte ineficiente, costoso y poco sustentable que tiene la Región Metropolitana y sus ciudades satélites

Finalmente se concluirá las consecuencias positivas y negativas, costos y beneficios, que traería social, económica y ambientalmente el implementar un servicio de ferrocarril de dichas características. Criticando constructivamente y dejando una reflexión sobre las buenas y malas decisiones que se tomarían construyendo el proyecto.

## 1.- Historia del Ferrocarril en Chile.

Todo nuevo sistema de transporte es solicitado por un simple factor que los justifica a todos y a cada uno de ellos, la demanda. Era el año 1832 y la plata de Chañarcillo<sup>2</sup>, en el norte grande de Chile, es descubierta y empieza a explotarse masivamente por mineros nacionales y extranjeros. El transporte del mineral se convierte en un factor determinante para quienes lo trabajaban, ya que las carretas y animales de carga no logran satisfacer la demanda existente.

### 1.1.- Primer Ferrocarril en Chile. Copiapó - Caldera.

En 1851, cuando el principal propulsor de la primera máquina a vapor en territorio nacional, William Wheelright, logra que para la navidad de dicho año, se efectúe el primer viaje de Copiapó a Caldera. Se trata de 81 kilómetros de vía férrea que conectan a la ciudad minera con la costa y de esa forma la expansión demográfica del puerto, que pasó de tener 200 habitantes para el año 1850 a 2 mil en 1854. Es como así el inversor norteamericano logra no solo construir el primer ferrocarril, sino que además la primera compañía ferroviaria con capitales chilenos. Chile se hace pionero en Sudamérica con esta innovadora obra de ingeniería y el ferrocarril se instala como uno de los principales capitales económicos en nuestro país.

Dado que el objetivo principal de este ferrocarril era el transporte de minerales y la zona es potencialmente rica en ellos, en los años siguientes se extendió la vía 70 kilómetros hacia el interior, llegando en 1855 a San Antonio. Además, se construyeron ramales a Chañarcillo y a Puquios con una longitud de vía férrea de 42 y 50 kilómetros

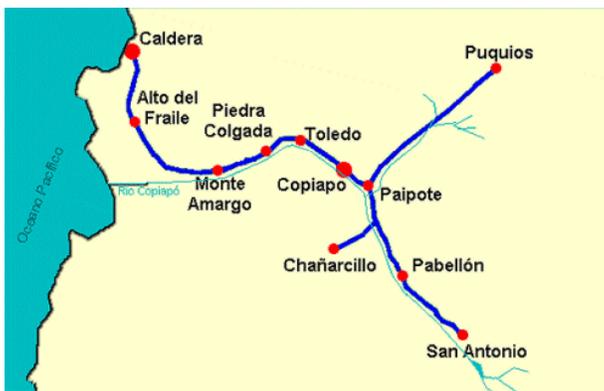


Foto 1.- Trazado y Estaciones Intermedias.

<sup>2</sup> Chañarcillo: Actualmente ubicado en la Región de Atacama, descubierto en 1832 por el pastor de cabras Juan Godoy. Fue el tercer yacimiento de plata más grande de América. Estuvo activa hasta 1875.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

respectivamente.

La construcción de dicho proyecto no estuvo exento de problemas, ya que 9 años antes el gobierno de Chile otorgó la concesión para su construcción a Juan N. Mouat<sup>3</sup>, quien tuvo que abandonar la idea por falta de recursos, vendiéndole la concesión a William Wheelwright. El norteamericano reunió a los inversores más acaudalados de la región y formaron la sociedad del ferrocarril Copiapó-Caldera.



Foto 2.- Frontis de la Estación de Copiapó.

Como todo tema impulsor de modernidad y cambios, existieron detractores a este proyecto, así lo describe la historiadora chilena María Piedad Alliende Edwards en su libro (*“La Construcción de los Ferrocarriles en Chile 1850-1913”*): *“En su contra se arguyó que el aire emponzoñado mataría a los pájaros y no dejaría crecer el pasto; que las chispas incendiarían las casas vecinas a la vía y que las vacas, asustadas con el paso de los monstruos mecánicos, darían menos leche. La prensa de la época intervino señalando que el ferrocarril era “la idea más absurda que había salido de cabeza humana” y a sus propulsores los llamó “ilusos innovadores”.*”

*“El ferrocarril se pensó que iba a crear una “revolución”, “un nuevo Chile”. Su construcción a lo largo del país, sin embargo, tuvo diferentes momentos y propósitos. Los ferrocarriles de las regiones mineras del norte, siendo sólo una extensión de la industria minera, fueron construidos con un fin económico estrecho: el transporte de mineral. Estas compañías no recibieron aporte directo del Estado, por lo tanto quedaron como otras corporaciones chilenas, en manos del sector privado.”*

Para la década de 1870 y producto de un fenómeno cíclico que ocurre en todas las economías de mercado, denominado crisis económica, muchos accionistas chilenos se

---

<sup>3</sup> Juan N. Mouat: Relojero Escocés del puerto de Valparaíso. Primero en adjudicarse la concesión del primer ferrocarril en Chile.

vieron forzados a vender su parte, provocando así, que la empresa del primer ferrocarril construido en Chile, fuera controlada por inversores extranjeros. No fue hasta 1910 que finalmente el Estado de Chile, a través de EFE<sup>4</sup>, la adquiere, e incorpora las vías ferroviarias a la red longitudinal norte<sup>5</sup>.

*“Este hecho obligó a cambiar el ancho de la vía, construida originalmente con trocha Stephenson de 1.435 mm (estándar en Europa y Estados Unidos), para compatibilizarla con la del resto de la red. Por esta razón la vía fue bitrochada<sup>6</sup> instalando un tercer riel en el centro, para permitir, durante algún tiempo, la circulación de material rodante de ambos anchos de vía hasta que finalmente quedó solo con una trocha de 1 metro.”* (Escrito por Ernesto Vargas, publicado en *“Historia Ferroviaria en Chile”*).

El gobierno de turno miraría con buenos ojos al ferrocarril, tanto así que empieza a gestionar uno que conecte Santiago y Valparaíso, para luego continuar hacia el sur.

## 1.2.- Ferrocarril Santiago – Valparaíso.

En 1842 Wheelwright le presenta al gobierno de Chile un proyecto ferroviario que conectaría la capital administrativa con la portuaria en tan sólo 8 horas. Un viaje que hasta ese tiempo demoraba días y cuya única forma de transporte era a través de carruajes impulsados por animales, con solo 6 asientos. Salía los viernes a las 6:00 am y volvía el martes al anochecer. Dicho viaje tenía 4 paradas, la primera en la cuesta Lo Prado, donde se dejaban los caballos por mulas para pasarla y una vez logrado, se volvía a usar caballos. Llegando a la cuesta Zapata, era necesario repetir ese proceso y finalmente lo mismo cuando se llegaba al puerto de Valparaíso, con sus pendientes pronunciadas.

El norteamericano, con la concesión del tren en sus manos, viaja a Europa, que pasaba por una fuerte crisis económica, a buscar potenciales inversores, finalmente sin éxito. Como el proyecto a esas alturas tenía una necesidad imperiosa de construirse, el gobierno decide prescindir de Wheelwright y es así como nace una innovadora forma de concesionar obras de gran magnitud. En 1851 se autoriza al gobierno a organizar una sociedad con capitales chilenos, la Compañía del Ferrocarril de Santiago a Valparaíso (CFSV)<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup> EFE: Empresa de Ferrocarriles del Estado. Fundada el 4 de enero de 1884.

<sup>5</sup>Red Longitudinal Norte: Conjunto de vías ferroviarias y ramales privadas y públicas no conectadas entre sí.

<sup>6</sup>Vía Bitrocha: 1676 mm. de ancha y 1000 mm. de angosta, dejando una vía con tres rieles.

<sup>7</sup> CFSV: Estado era dueño del 50% de las acciones, Matías Cousiño de un 20%, Candelaria Goyenechea y Josué Waddington, de un 15% cada uno.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

*“Se estudiaron originalmente tres posibles rutas: una de ellas pasaba por los pueblos de Casablanca y Melipilla, la segunda se internaba por el valle del Aconcagua hasta Los Andes, para atravesar luego por Montenegro (cuesta de Chacabuco) y Alto del Puerto; y la tercera, por las cuestas de Lo Prado y Zapata.”*

*“El trazado definitivo fue encargado al ingeniero norteamericano Allan Campbell, quien ya había trabajado en la construcción de la vía entre Caldera y Copiapó. El determinó que la mejor opción era una ruta que partía en Valparaíso y recorría Viña del Mar, Concón, Quillota y luego cruzaba hacia Santiago por el paso Tabón. Con este trazado en mente, se dieron por iniciados los trabajos con la colocación de la primera piedra en Valparaíso el día 1 de octubre de 1852.”* (Escrito por Ernesto Vargas, publicado en “Historia Ferroviaria en Chile”).

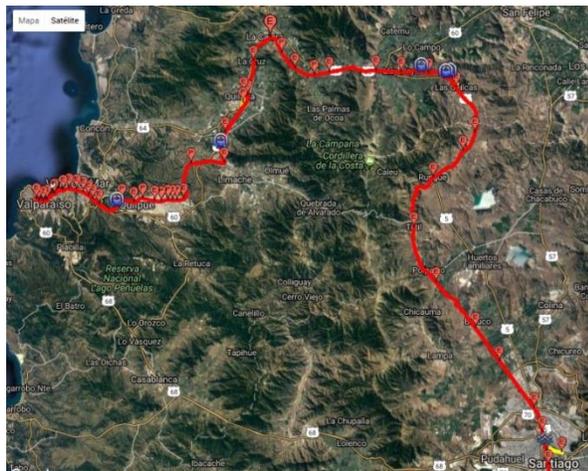


Foto 3.- Mapa Aéreo del Trazado.

La construcción del proyecto estuvo marcada por inconvenientes económicos, dificultades en ingeniería y logística, e incluso el fallecimiento de alrededor de cien trabajadores. Las condiciones climáticas, atrasos en los plazos, dinero insuficiente, además de una necesidad imperiosa por tecnologías y nivel de conocimiento técnico extranjero y como si fuera poco, todos los instrumentos, rieles, carros, locomotoras y equipos mecánicos debían ser importados. Lo único que no provenía de países foráneos era la leña que usaban las locomotoras y para algunos durmientes colocados en los rieles. Todo lo anterior hizo que la construcción de los 187 kilómetros tardara más de una década y que el costo final alcanzara un monto de \$11.317.182, el doble de lo que se tenía presupuestado originalmente.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

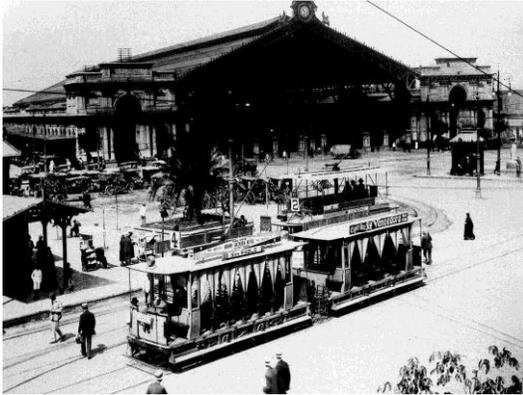


Foto 5.- Estación Alameda o Central.

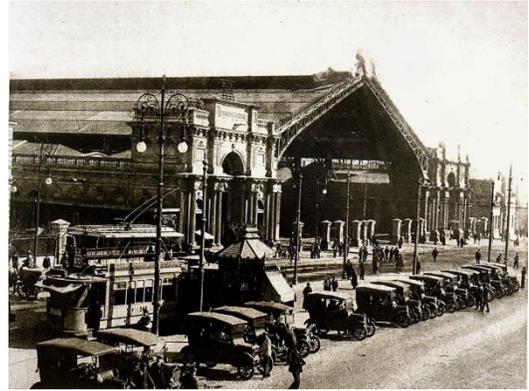


Foto 4.- Estación Central por 1920.

El servicio del ferrocarril se inició oficialmente el 14 de septiembre de 1863. La inauguración, que contó con la presencia del presidente de la república, José Joaquín Pérez, se llevó a cabo en la ciudad de Llay-Llay, punto medio del trayecto.

Existen registros e historias sobre todos los ferrocarriles alguna vez construidos en territorio nacional, sin embargo, la finalidad del presente trabajo es recordar el primero que se construyó para contextualizar la realidad que se vivía aquellos años y uno de los más relevantes en términos económicos que conectaba a la capital con el puerto más importante del país.

Todos los proyectos de ferrocarriles construidos en Chile significaron un tremendo avance para todas las comunidades que pudieron aprovecharlos. A pesar de lo anterior, hoy en día son los buses interurbanos los que lideran este tipo de viajes, el tren pasó de ser revolucionario a anticuado y en la actualidad son pocos, pero no por eso menos necesarios, los servicios que se realizan en vías ferroviarias.

Para estos días, el país puede darle un nuevo comienzo a este sistema de transporte, una segunda oportunidad que solucione por ejemplo, las 3 horas y media que la gente de Melipilla debe viajar a diario para llegar a su lugar de trabajo en Santiago y a su casa de vuelta. Sin mencionar los elevados costos, por no decir usureros de los servicios de buses, sobretudo en fines de semanas largos, que realizan este trabajo.

*“La historia no se repite si no es en la mente de quien no la conoce.” Khalil Gibran (1883-1931) Ensayista, novelista y poeta libanés.*

## 2.- Tipos de Ferrocarriles.

El tren como sistema de transporte de carga o de pasajeros ha sido modificado y modernizado para poder satisfacer distintas necesidades de carga, de accidentes topográficos, ya sea en la superficie o subterráneo como es el metro de Santiago. Partió como una máquina a vapor que alcanzaba los 10 km/h. El primer tren de estas características fue inaugurado en 1804 en Inglaterra y para 1830 se convertiría en un transporte público que viajaba de Liverpool a Manchester. En ese mismo año se construyó también la misma locomotora a vapor en Charleston del estado de Carolina del Sur, Estados Unidos.

Es así como se empezó a extender por todo el mundo una forma de transporte público y de carga que era seguro, efectivo y de bajo costo.

Por otra parte, la necesidad de mantenimiento que requieren las máquinas a vapor, que resultaron ser inconvenientes producto del aumento de la competencia, como resultó ser la irrupción del automóvil en el mercado, el ferrocarril necesita imperiosamente que se empiece a modernizar.



*Foto 6.-Primera locomotora a Vapor.*

Como resultante, empiezan a crearse fuentes de energía alternativas para los medios de transporte guiados por rieles y que requerían de un menor tiempo de mantenimiento, tal como los motores diesel, que logró imponerse por un largo tiempo como la más viable y utilizada. Época en la que no se tenía consciencia(o se omitió) del daño ambiental que originaba esta fuente de energía.

En la actualidad se sigue innovando para hacer que cada día el tren haga servicios más seguros, eficientes energéticamente, con menor impacto ambiental y con mecanismos de mantención cada vez más automatizados. Un ejemplo de lo anterior es el monorriel, que alcanza velocidades que compiten con el transporte aéreo y que se movilizan a través de levitación magnética, por lo que su pérdida energética se reduce considerablemente al no tener roce con los rieles convencionales.

## 2.1.- Ferrocarriles de Carga.

En términos generales, el uso de transporte ferroviario de carga favorece grandes embarques, que permite obtener costos de transporte bajos, un nivel de servicio con baja accidentabilidad, minimizar el daño a las carreteras nacionales y disminuye la congestión vehicular. Es importante considerar también, la longitud del tren, ya que mientras más largo sea éste, menor es el costo unitario. Esto porque la infraestructura es mejor aprovechada, también al personal que conduce el tren y obtiene una mejor resistencia al viento.

### 2.1.1.- Tipos de Tren de Carga.

1. **Tren Unitario:** Todos los vagones están dedicados a un mismo embarque. El tren hace viajes de ida y de vuelta, entre el origen y el destino de manera continuada. Además los vagones están fabricados de manera especializada para el tipo de carga particular.



Foto 7.- Tren Unitario. Tren de Transap transportando Soda Cáustica en Talcahuano.

*“Aquí hay un solo cliente, un solo origen y un solo destino para todo el tren. Este tipo de tren es el que obtiene los menores costos unitarios, pero solo se puede utilizar cuando existen grandes volúmenes de carga. Por lo general se utiliza para el transporte de minerales y otras materias primas, aunque también se usa para otros productos de bajo valor, especialmente en trenes más cortos. Por lo anterior, es el que presenta las mayores ventajas comparativas frente al camión, aunque para ciertos trazados puede rivalizar con los ductos u otros mecanismos especializados.”*(Francisco Godoy Reitze. Presidente Instituto Ferroviario de Chile, para revista Logistec).

Ian Mc Phee

- 2. Tren Carguero Mixto:** Formado por vagones que mueven varios embarques. Cada embarque, de uno o más vagones es tomado desde el origen y llevado a un “lugar común” en donde es juntado con otros embarques y así formar un tren. En el caso del carguero mixto, un tren tiene varios orígenes, destinos y clientes. Este tipo de transporte compite directamente con el camión ya que son embarques pequeños transportados con costos reducidos. Por lo general, los productos que requieren de este tipo de distribución son productos industriales intermedios<sup>8</sup>.



*Foto 8.-Tren Carguero Mixto. Concepción.*

- 3. Tren Intermodal:** En este caso las cargas son llevadas en camiones desde sus orígenes hasta una estación de transferencia en donde son colocadas sobre un tren. Éste las transporta hasta una estación cercana a su destino final y finalmente son puestas en camiones nuevamente para trasladar las cargas a su destino. El tren usualmente tiene un solo origen y un solo destino, pero varios clientes. Se utilizan contenedores o semirremolques, que son llevados sobre carros especiales para transporte intermodal. Estos carros, a diferencia de los anteriores, tienen una menor especialización porque deben estar preparados para los contenedores o semirremolques, independiente del producto que transporten. Para agregar, esta forma de transportar se adapta mejor a cargas paletizadas<sup>9</sup> de mayor valor, ya que los camiones pueden operar directamente en los andenes de carga de fábricas. También son usados como conexiones entre puertos y localidades interiores, porque permite transporte de cargas marítimas con un menor costo unitario.

---

<sup>8</sup>Productos Industriales Intermedios: Como metales refinados, productos químicos, fertilizantes, cereales, entre otros.

<sup>9</sup> Paletizado: Es la acción de disponer mercancía sobre un palé para su almacenaje y transporte. Las cargas se paletizan para conseguir uniformidad y facilidad de manipulación, así se ahorra espacio y se reduce el tiempo de carga, descarga y manipulación.

Ian Mc Phee



*Foto 9.- Tren de carga Intermodal sobre el ramal San Rosendo – Talcahuano. (Emol).*

### 2.1.2.- Tipos de Vagones para Ferrocarriles de Carga.

Existen 9 tipos de vagones distintos para transportar cargas por vías ferroviarias, a continuación se describen cada una de ellas complementado de una ficha técnica.

- **Góndola:** Vagón que está diseñado para transportar un tipo de producto que no necesite protección contra el medio ambiente. Facilita la carga y descarga por medio de grúas de volteo de carros o magneto.
- **Tolva Granelera Mineral:** Utilizada para transportar productos industriales que no requieren de protección contra el medio ambiente (Carbón por ejemplo). Tiene puertas en la parte inferior que facilita la descarga de productos a granel.
- **Tolva Granelera Agrícola:** Utilizados para transporte de productos agroindustriales con necesidad de protección contra el medio ambiente. Tiene compuertas en la parte superior e inferior para facilitar la carga y descarga de la carga a granel.
- **Tolva Cementera:** Diseñada para transportar productos que necesitan de una protección contra el medio ambiente. Posee compuertas inferiores para la descarga de los productos.
- **Furgón 50:** Los furgones son útiles para transportar productos que necesitan de protección contra el medio ambiente. Existen variaciones que permiten llevar cargas frágiles como obras de arte o materiales sensibles a movimientos bruscos. No se posee un control sobre la temperatura.
- **Furgón 60:** Variación al furgón 50. Su principal diferencia es el control de la temperatura al interior del carro. Especiales para transporte de animales y productos frescos.
- **Caja Tráiler:** Pueden ser movidas por ferrocarriles con carros plataformas, así se reduce el costo del transporte en largas distancias. Existen variaciones que cuentan con control de temperaturas para mercancías que lo requieran.
- **Carro Tanque:** Este carro se cierra herméticamente para no sufrir de fugas, ni de contaminar la intemperie. Especializados en transportar líquidos o gaseosos como vino, jugos, oxígeno e hidrógeno líquido.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

- **Plataforma:** Diseñados para el transporte de cargas pesadas que no requieran de protección contra el medio ambiente. Existen complementos que permiten asegurar la carga durante su transporte.

TIPO	LONGITUD (m.)	LONGITUD CON COPLES (m.)	ALTURA (m.)	CAPACIDAD (m3)	PESO NETO (Kg.)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
<b>Góndola</b>	19,51	22,10	2,74	988,16	32658,65	
<b>Tolva Granelera Mineral</b>	18,90	19,66	4,57	1767,84	19293,84	
<b>Tolva Granelera Agrícola</b>	18,90	19,66	4,57	1767,84	19293,84	
<b>Tolva Cementera</b>	12,04	12,50	4,57	914,40	25401,17	
<b>Furgón 50</b>	15,24	17,83	5,18	1888,85	34019,43	
<b>Furgón 60</b>	18,52	20,27	5,18	2315,87	37738,89	
<b>Caja Tráiler</b>	16,15	18,59	2,74	1177,75	25500,96	
<b>Carro Tanque</b>	15,24	-	4,27	27651,15	-	
<b>Plataforma</b>	92,66	110,34	17,37	178765,20	97749,16	

## 2.2.- Transporte Ferroviario de Cargas en Chile.

A lo largo de Chile, EFE cuenta con dos porteadores de carga como son FEPASA<sup>10</sup> y TRANSAP<sup>11</sup>. Ambas empresas transportaron alrededor de 10 millones de toneladas en el año 2014, según los datos del observatorio logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Este valor representa tan solo el 4% de la carga a nivel nacional, existen otros privados (en el norte del país) que aportan cerca de un 6% adicional, en consecuencia, solo el 10% del transporte de materiales y productos se hace por vía férrea.

Es importante considerar que EFE es dueño de los inmuebles utilizados en el transporte de carga ferroviaria. Es por esto que las empresas mencionadas son propietarios del material rodante y responsables de su operación. Las vías férreas son arrendadas al estado. La empresa estatal cuenta con cerca de 3 mil km de vías y 2.500 km requieren de arreglos. *"Si no modificamos el mecanismo de evaluación de inversiones del Estado, es difícil que el modo ferroviario compita"*. (Jorge Inostroza. Presidente de EFE. Fuente: Diario El Mercurio 20/02/2015. Por Marco Gutiérrez V.).

*"Nuestra visión en el ámbito del transporte de carga, es posicionar al modo ferroviario como una alternativa de transporte competitiva, amistosa con el medio ambiente y orientado a satisfacer las necesidades de transportes de los cliente finales, de forma tal de llegar al año 2020 con una participación de mercado superior al 8%"*. (Empresa de Ferrocarriles del Estado).

Los principales productos que son transportados de esta forma son:

- Celulosa de exportación.
- Ácido sulfúrico.
- Concentrado de cobre.
- Cobre metálico.
- Residuos sólidos (basura doméstica).
- Granos diversos.
- Cemento a granel.
- Contenedores con diversos productos.

---

<sup>10</sup> FEPASA: Ferrocarril del Pacífico S.A. Opera para EFE desde 1994.

<sup>11</sup> TRANSAP: Transporte Ferroviario Andrés Pirazzoli S.A. Opera para EFE desde 2000.

Ian Mc Phee

No es novedoso señalar que Chile es un país minero y para este rubro, es esencial contar con un sistema de transporte de los recursos que se extraen. Es aquí donde el ferrocarril puede hacer un aporte fundamental ya que la planificación de una mina se ve directamente afectada dependiendo del tipo de transporte con el que cuenta.

Los ferrocarriles de transporte de carga que están actualmente activos en Chile son pocos pero adquieren una relevancia importante cuando se conoce la función que cumplen y las cargas que transportan, ya que es un servicio insustituible desde todo punto de vista.

### 1. Mina Algarrobo–Huasco:

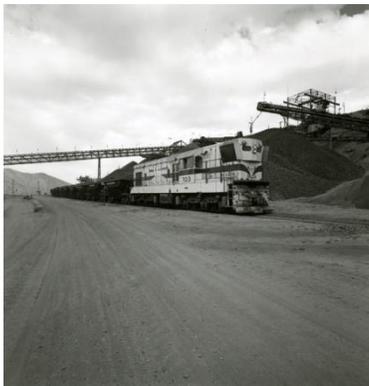
Ubicada en la III Región, esta mina está en sus últimos años de operación, producto de que el mineral se está agotando. Abastece de pre concentrado de hierro a la planta de pellets de Huasco para ser utilizado como insumo en los altos hornos.

Operativa desde 1959, sus reservas alcanzan a 2,6 millones de toneladas, con una ley media de 47,6% de fierro (Fe) y una ley de corte de 26% de fierro magnético.

Explotada por la Compañía Minera del Pacífico, filial de la empresa privatizada CAP<sup>12</sup>. Mientras que es FERRONOR la empresa encargada de transportar el mineral hacia donde se cargará (Huasco) y exportará.



*Foto 10.- Exterior Mina El Algarrobo en 1959. "Memoria Chilena"*



En 1995 la mina El Algarrobo era la primera en extraer este mineral a nivel nacional con 4 millones de toneladas anuales, seguida de la mina El Romeral, ubicada también en la tercera Región.

*Foto 11.- Ferrocarril de carga de mina El Algarrobo. Fotografía tomada en 1991.*

---

<sup>12</sup> CAP: Compañía de Acero del Pacífico.

# El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

## 2. San Antonio–Teniente. “Tren del Ácido”.

Su función es transportar ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), subproducto del concentrado de cobre, desde la mina de la Región de O’Higgins “El Teniente” hasta el puerto de San Antonio, haciendo ese trayecto ida y vuelta. El ácido es transportado desde Caletones a Rancagua en camión y de allí a San Antonio en ferrocarril. En el puerto es en donde es cargado el material que será exportado.

Inaugurado en 1915, tras cinco años de construcción, los primeros viajes no duraban menos que un trayecto en carreta. Se necesitó de permanentes obras de mejoramiento para lograr disminuir las horas del recorrido, ofreciendo un servicio útil y uniendo la ciudad de Rancagua con la mina productora de cobre más grande del mundo en la actualidad.



Foto 12.- Ruta del ferrocarril de carga "Tren del Ácido".

Desde el año 2000 este servicio es realizado por la empresa TRANSAP dedicada al transporte de carga en la red ferroviaria del Sur de Chile.



Foto 13.- Tren de carga de TRANSAP cruzando el puente Peuco con ácido sulfúrico de mina "El Teniente"

Según datos de Codelco, en 2015, El Teniente alcanzó una producción récord de 471 mil toneladas de cobre (Cu) fino superando la marca de 455 mil registrada en 2014. Comercializado a través de ánodos que se generan en la Fundición de Caletones que también produce molibdeno (Mo).

En 2014 la División entregó al Estado de Chile 1.191 millones de dólares, los que entre 2007 y 2014 ascienden a US\$12.000 millones.

*“La industria minera valora las ventajas que tiene el tren por su baja accidentabilidad, contribuye a la descongestión, especialmente en las ciudades que son destino final, ya que colapsan con el ingreso y salida constante de camiones. Las empresas valoran que el tren es más seguro y amigable con el medioambiente”.* Afirmó Jorge Inostroza, Presidente de Grupo EFE.

### 3. Río Blanco–Llay-Llay.

El yacimiento Río Blanco, cuya riqueza es conocida desde 1920. Su explotación no se concretó sino hasta 1970, con la creación de la Compañía Minera Andina, que hoy en día la opera. Conocida también como “División Andina” de Codelco.



*Foto 14.- Mina Subterránea Río Blanco y a Rajo Abierto Sur Sur.*

Ubicada en la Región de Valparaíso, entre los 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel de mar, la división tiene un método de explotación mixto (subterráneo y a rajo abierto) y cuenta con las reservas minerales más importantes de Codelco en las cuales se producen alrededor de 220 mil toneladas de concentrado de cobre fino anuales y 5.000 toneladas de molibdeno.

El ferrocarril de carga, operado por privado, transporta concentrado de cobre hasta Llay-Llay, en donde se encuentra la fundición de la mina.

### 4. Tren de la Basura de la Región Metropolitana. Ferrocarril de carga de mayor frecuencia en Chile.

La necesidad imperiosa de alejar los vertederos de las ciudades y de su gente, provocó que Chile se transformara en pionero al transportar la basura por vías férreas hacia lugares determinados en donde el impacto ambiental se ve reducido significativamente.

Actualmente la Región Metropolitana cuenta con 3 rellenos sanitarios: Santa Marta, ubicado al sur-poniente de la ciudad, con una capacidad mensual de 60 mil toneladas de desechos domiciliarios y asimilables. Santiago Poniente, ubicado en la comuna de Maipú, con una capacidad mensual de 40 mil toneladas y Lomas Los Colorados, ubicado a 63,5 kilómetros al norte de Santiago, inaugurado en junio de 1996, con una capacidad de 150 mil toneladas mensuales y una vida útil estimada en 60 años.

Junto con esto hay dos estaciones de transferencias, donde se recibe y transfieren residuos sólidos domiciliarios a contenedores sellados y que por medio de camiones o tren, son llevados hasta el relleno sanitario. De esta forma se reducen los costos de

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

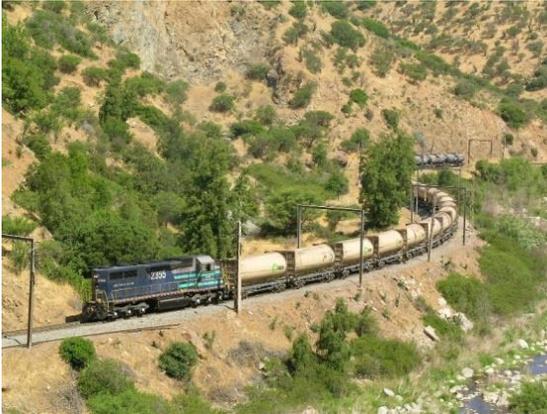
transporte y el impacto visual provocado por el aumento en el tráfico de camiones. El objetivo de estas instalaciones es acortar los tramos, en ciudades como Santiago donde la generación de basura proviene de muchos lugares, hacia los centros de procesos de residuos.



*Foto 15.- Pórtico en Estación de Transferencia de Quilicura (Santiago).*

Los camiones recolectores que llegan a la estación de transferencia en Quilicura, descargan directamente los silos contenedores, que están colocados de manera vertical en varios puestos de descarga. Luego, se introduce un compactador en el silo estanco de 48 m<sup>3</sup> logrando obtener una capacidad de carga promedio de 27 toneladas en cada uno de los contenedores, que luego son transportados por ferrocarril.

Una vez colocados los silos en los carros planos, tres ferrocarriles realizan entre 8 y 10



*Foto 16.- Tren de la basura de Santiago en dirección de relleno sanitario.*

viajes al día con 22 y 27 vagones cargados con 27 toneladas de basura. Es decir, entre 130 y 146 mil toneladas mensuales de basura son transportadas al vertedero con un consumo de galones americanos de diesel entre 300 y 350, con una cuadrilla que requiere de 18 personas en total, entre maquinistas y ayudantes.

La empresa responsable y que se ha hecho cargo de transportar los residuos hasta los rellenos sanitarios desde el año 2003, es FEPASA SA.

Como resultado final de este proyecto:

- ✓ Disminución de la contaminación ambiental, producida por el flujo de camiones que realizan diariamente los recorridos.
- ✓ Menor congestión en carreteras y deterioro vial.
- ✓ Disminución de accidentes en carretera.
- ✓ Reducción en los niveles de ruido.

Ian Mc Phee

- ✓ Reducción en la tasa de accidentabilidad en este rubro.
- ✓ Menor riesgo sanitario en el transporte de residuos.

### 2.3.- Transporte Ferroviario de Pasajeros en Chile.

Actualmente en territorio nacional, se pueden encontrar ferrocarriles que cumplan con el servicio de transporte y turístico. Sin embargo, aún es pobre la competitividad de este medio con respecto a las alternativas que ofrecen las compañías de buses, que en cierta medida tienen “monopolizado” el transporte terrestre.

Es importante recalcar que todos los servicios ferroviarios operantes pertenecen a la Empresa de Ferrocarriles del Estado, administrados por las empresas del Grupo EFE.



Foto 17.-Grupo EFE.



### **Tren Alameda-Chillán. Servicio de larga distancia.**

- Empresa Operadora: TERRASUR.
- Duración de viaje: 4 horas, 46 minutos. Tiempos de salidas establecidos.
- Estaciones (12): Alameda - San Bernardo – Rancagua – San Fernando – Curicó – Molina – Talca – San Javier – Linares – Parral – San Carlos – Chillán.



### **Tren Interurbano Alameda-Rancagua.<sup>14</sup>**

- Empresa Operadora: METROTREN.
- Duración de viaje: 1 hora, 12 minutos. Varias salidas diarias.
- Estaciones (9): Alameda - San Bernardo - Buin Zoo – Buin – Linderos – Paine – Hospital - San Francisco – Graneros - Rancagua.
- Características Servicio: 300 pasajeros sentados. 300 pasajeros de pie. Aire acondicionado. Acceso para discapacitados. No posee baño.



<sup>13</sup> TREN CENTRAL: Empresa filial de EFE. Constituida el 29 de septiembre de 1995.

<sup>14</sup> METROTREN RANCAGUA: Inaugurado el 25 de Octubre de 1990

### Tren Interurbano Alameda-Nos.

- Empresa Operadora: METROTREN.<sup>15</sup>
- Duración de viaje: 25 minutos.
- Estaciones (9): Alameda – PAC - Lo Espejo - Lo Blanco – Freire - San Bernardo – Maestranza - 5 Pinos – Nos. Próximamente Lo valedor.
- Características Servicio: 84 pasajeros sentados. 12 asientos exclusivo discapacitados. 426 pasajeros de pie. Aire acondicionado. Acceso para discapacitados. No posee baño.



### Tren Ramal o Buscarril Talca-Constitución. (Turístico).

- Empresa Operadora: BUSCARRIL.<sup>16</sup>
- Duración de viaje turístico: 6 horas, 20 minutos aproximadamente.
- Duración de viaje: 3 horas, 24 minutos.
- Estaciones turísticas: Talca – Corinto – Curtiduría - Gonzalez Bastias – Talca.
- Estaciones (20): Talca – Colin - Rauquen – Pocoa – Corinto – El Morro – Curtiduría – Los Llocos – El Tricahue – El Peumo – Gonzalez Bastias – Toconey – Pichaman – Romeros – Furel – Huinganes – Los Digueños – Maquehua – Rancho Astillero – Constitución.
- Características Servicio: Asientos numerados. Guía turístico de Tren Central (sujeto a disponibilidad). Exhibición de productos artesanales en Corinto y Curtiduría.



<sup>15</sup> METROTREN ALAMEDA-NOS: Inaugurado el 17 de marzo de 2017.

<sup>16</sup> BUSCARRIL: Inaugurado el 19 de diciembre de 1915.



**Metro Valparaíso. Puerto-Limache. (Recorrido de metro, sin considerar estaciones de Limache Viejo, Quillota, La Calera-La Cruz, Olmué).**

- Empresa Operadora: METROVAL.
- Duración de viaje: 12 minutos.
- Estaciones (20): Puerto – Bellavista – Francia – Varón – Portales – Recreo – Miramar – Viña del Mar – Hospital – Chorrillos - El Salto – Quilpué – El Sol – El Belloto – Las Américas – La Concepción – Villa Alemana – Sargento Aldea – Peñablanca – Limache.
- Características Servicio: Operativo de 6:00 a 23:00.

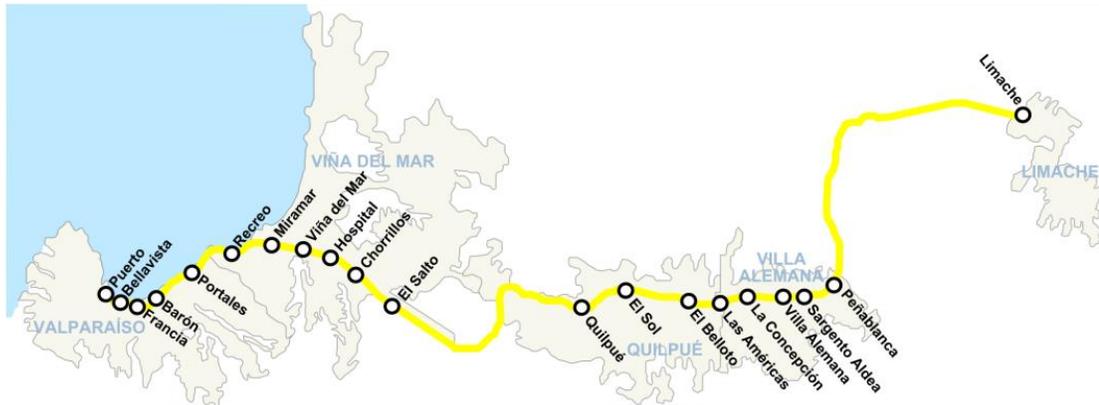


Foto 18.-Red de Estaciones Metroval.

<sup>17</sup> METROVAL: Filial de EFE. Inaugurado el 23 de noviembre de 2005.



### Biotrén. Tren Suburbano.

- Empresa Operadora: FESUR.
- Duración de viaje: 1 hora, 20 minutos.
- Estaciones (25): Une 7 comunas de Concepción; Talcahuano, Hualpén, Concepción, Chiguayante, Hualqui y San Pedro de la Paz.
- Características Servicio: 77 servicios diarios de Lunes a Viernes.



Foto 19.-Red de Estaciones Biotrén.

### Tren Urbano-Rural interprovincial Corto Laja.

- Empresa operadora: FESUR.
- Duración de viaje: 2 horas, 18 minutos.
- Estaciones (22): Conecta 7 comunas de las provincias de Concepción y Bio-Bío; Talcahuano, Hualpén, Concepción, Chiguayante, Hualqui, San Rosendo y Laja.
- Características Servicio: Operativo los 365 días del año con 8 frecuencias diarias. Cuenta con un subsidio del Ministerio de Transportes para conectar zonas aisladas como Quilacoya, San Miguel, Unihue, Valle Chanco, Los Acacios, Gomero y Buenuraqui, entre otros. Los residentes de dichas zonas no disponen de otro medio para transportarse hacia la capital de la Región del Biobío.



Foto 20.-Red de Estaciones Corto Laja.

<sup>18</sup> FESUR: Ferrocarril del Sur. Filial de EFE. Inaugurado el 29 de septiembre de 1995.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

### Tren Urbano-Rural Victoria-Temuco.<sup>19</sup>

- Empresa Operadora: FESUR.
- Duración de viaje: 1 hora, 27 minutos.
- Estaciones (8): Une 3 comunas; Victoria, Lautaro y Temuco. Victoria – Púa – Perquenco – Quillem – Lautaro – Lautaro Centro – Pillanlelbun – Colegio Claret – Temuco.

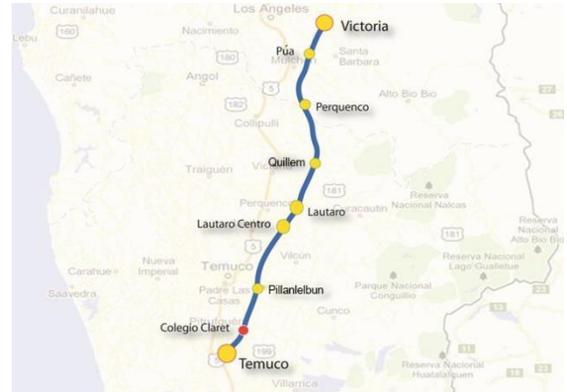


Foto 21.- Trazado Tren Urbano-Rural Victoria-Temuco.

- Características Servicio: Operativo los 365 días del año. 6 servicios de lunes a viernes, 4 los sábados domingos y festivos. 3 diarios en la semana entre Temuco y Colegio Claret para transportar a los estudiantes que están alejados de las líneas de buses. Este servicio cuenta con un subsidio estatal.

Esta compañía posee además, en su red de trenes, servicios turísticos como son “El valdiviano” y el Tren “Vapor Laraquete”.



Foto 22.- Tren turístico El Valdiviano.



Foto 23.- Tren turístico Vapor Laraquete.

<sup>19</sup> TREN VICTORIA-TEMUCO: Inaugurado el 6 de diciembre de 2005.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee



Una vez concluida la Guerra del Pacífico (1879-1883) se firma un acuerdo de paz el 20 de octubre de 1904, entre dos de los tres países involucrados, Bolivia y Chile. El artículo tercero<sup>20</sup> de aquél acuerdo da origen y propósito al ferrocarril Arica-La Paz.

La construcción de este proyecto contó con el trazado del ingeniero Josiah Harding, previo a unas modificaciones que abarataron costos y disminuyeron los plazos de construcción. 469 kilómetros, de los cuales 233.5 km. transcurren en territorio boliviano y 206.5 km. en territorio chileno. 7 túneles, gradientes máxima de 3% para su adherencia y de un 6% con cremallera. Sus curvas tienen un radio mínimo de 150 metros. Producto de la inexperiencia para construir las vías, se prescinde de las dos primeras adjudicaciones y las vías por la parte chilena, termina de construirse a fines de 1909, para luego empezar las obras por el lado boliviano. Finalmente, el ferrocarril se inaugura en 1913 y está en servicio actualmente, a pesar de haber estado paralizado en 2001 por problemas en la infraestructura de las vías chilenas y en 2005, cuando la compañía que operaba este servicio se declaró en quiebra.

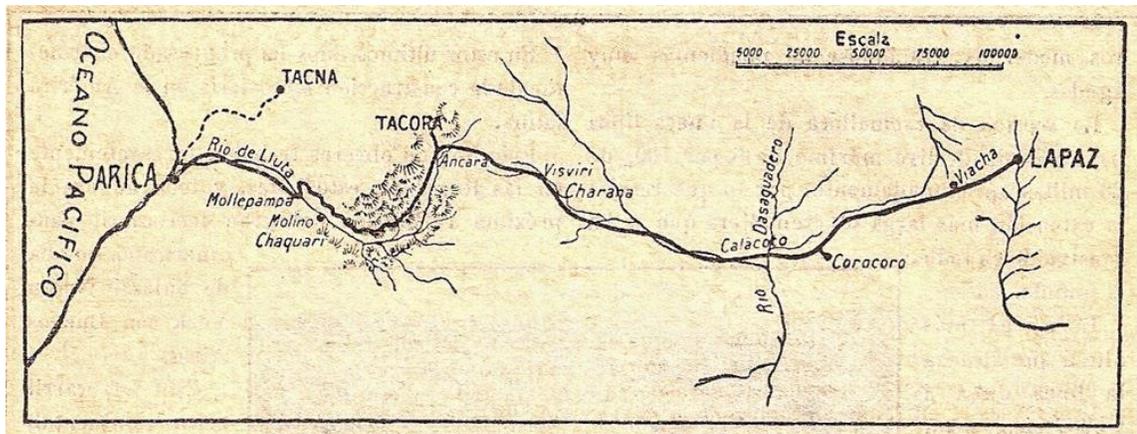


Foto 24.- Red de Estaciones Arica-La Paz.

<sup>20</sup>Artículo Tercero del tratado de 1904: “Con el fin de estrechar las relaciones políticas y comerciales de ambas Repúblicas, las Altas Partes Contratantes convienen en unir el puerto de Arica con el Alto de La Paz por un ferrocarril cuya construcción contratará a su costa el Gobierno de Chile, dentro del plazo de un año, contado desde la ratificación del presente Tratado. La propiedad de la sección boliviana de este ferrocarril se traspasará a Bolivia a la expiración del plazo de quince años, contado desde el día en que esté totalmente terminado.”

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

- Empresa Operadora: FCALP. (Ferrocarril Arica-La Paz).
- Duración de viaje: 7 horas hasta Visviri. (Paso fronterizo).
- Estaciones (14) (Parte chilena): Arica – Chinchorro – Rosario – Poconchile – San Martín – Central – Pampa Ossa – Puquios – Coronel Alcerreca – Humalpaca – Villa Industrial – Chislluma – General Lagos – Visviri.
- Estaciones (14) (Parte boliviana): Charaña – Abaroa – Pando – General Pérez – Campero – Calamacho – Calacoto – General Pando – Ballivián – Comanche – Coniri – Viacha – El Alto (en desuso) – La Paz (en desuso).

La última gran inversión para este ferrocarril se hizo entre 2009 y 2013. Esto se realizó producto a la insistente y justa demanda boliviana con organismos internacionales de que Chile no estaba cumpliendo con el tratado ya mencionado, además de querer recuperar una salida al Océano Pacífico con soberanía. En consecuencia, el gobierno chileno se vio forzado a realizar dicha inversión.



Foto 25.- Inversión chilena para el Ferrocarril Arica-La Paz



### 3.- Ferrocarriles de Media y Alta Velocidad.

Si en este país se quiere desarrollar apropiadamente el sistema de transporte ferroviario a través de una política a mediano y largo plazo, es esencial conocer las experiencias internacionales y tratar de replicarlas, considerando la realidad nacional, conjuntamente con las localidades que requieran y se beneficien de obras que ciertamente cambiaría el paradigma del transporte en Chile.

Un ejemplo al cual se debería orientar una medida como esta es Gran Bretaña y sus redes de trenes intercity que conectan a todos de sus integrantes de una manera que es materia de estudio por la calidad de sus servicios.

#### 3.1.- Ferrocarriles de Pasajeros.

El transporte público presenta, por sobre los vehículos particulares, mayores ventajas económicas, sociales y ambientales. Esto debido a una serie de factores que, una vez sean de público conocimiento, debiesen incentivar el uso de este medio de transporte, tales como:

- **Ecología y Economía:** En cuanto a su eficiencia energética y ambiental, el ferrocarril es muy fácil de electrificar. Por metros cuadrados de tonelada bruta, ofrece el menor consumo energético de todos los transportes públicos existentes. Adicional a esto, no consumir neumáticos, o un derivado del petróleo y una necesidad de mantenimiento de la vía siempre más económica que el de una carretera. Por otra parte, el avión requiere de una gran necesidad energética producto de su velocidad. El autobús emite cantidades de gases contaminantes muy superiores al ferrocarril. Según datos de la Comisión Europea<sup>21</sup>: *“Los vehículos por carretera suponen más del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte en la UE, frente al 1% del ferrocarril”*.
- **Seguridad:** Es otra variable en la que el ferrocarril tiene una ventaja, ya que los accidentes que terminan en fatalidades se ven considerablemente reducidos en comparación a los otros medios de transporte. La habilidad o capacidad humana necesitada para conducir un tren es inmensamente menor a la de un camión o avión. Tal como lo afirma Georgios Tragopoulos, técnico de eficiencia energética de

---

<sup>21</sup> Comisión Europea: Órgano ejecutivo y legislativo de la Unión Europea. Se encarga de proponer la legislación, la aplicación de las decisiones, la defensa de los tratados de la Unión y del día a día de la UE. Fundada el 16 de enero de 1958.

Ian Mc Phee

WWF<sup>22</sup> España "Reduce drásticamente el riesgo de sufrir una lesión o muerte por parte de los usuarios".

- **Capacidad de Transporte:** El ferrocarril es el único medio de transporte terrestre que combina eficiencia energética, seguridad y capacidad de transporte. Es por esto que es preferencial para desarrollar el transporte y proteger el medio ambiente. Este último factor ha sido el más cuestionado para implementar proyectos ferroviarios en Chile, aun así, las estadísticas defienden al tren, por sobre otros medios de transporte terrestre.
- **Igualdad Social:** Al no requerir licencia de conducir ningún medio de transporte, ni de vehículo, el ferrocarril favorece la equidad social porque existe una autonomía de las personas a viajar cuando lo necesiten o quieran. Además de que los tiempos de viajes son mejor aprovechados, ya que la lectura de un libro es posible, escuchar música, ver una película, o el uso de internet no se ve limitado. Los tiempos de espera no son tantos por lo que el usuario puede administrar mejor esta variable.



Foto 27.-Ariel Cruz. Tren saliendo de Estación Central. Santiago.

### 3.1.1.- Tipos de Trenes de Pasajeros.

En la actualidad existe una diversidad de ferrocarriles en todo el mundo, que cumplen con el servicio de transportar pasajeros. Cada uno de estos trenes está diseñado para superar los obstáculos geográficos que se puedan presentar, o bien, para alcanzar velocidades que puedan cubrir grandes distancias en un corto período de tiempo. De esta forma competir y superar a los otros medios de transporte.

---

<sup>22</sup> WWF: World Wildlife Fund (Fondo Natural para la Naturaleza). Fundada el 30 de julio de 1968. ONG dedicada a la conservación y defensa de la naturaleza.

**Metro<sup>23</sup>:**

Ferrocarril urbano sobre ruedas neumáticos guiado por rieles como es el caso del metro de Santiago. Por lo general se mueve por viaductos guiado por rieles. Su principal característica es que puede atravesar la ciudad por túneles subterráneos o por la superficie. Es un medio de transporte con mucho éxito en todas las metrópolis y grandes ciudades, principalmente en Europa. Sus estaciones están separadas por distancias estándar, en su mayoría. Existen excepciones a esa regla, que puede variar como consecuencia del sector urbano en el que se encuentra. Uno de ellos es el “metroval”<sup>24</sup>.

Abastecido por energía eléctrica, lo que lo hace una alternativa eficiente y sustentable en el tiempo (si se cuenta con una fuente energética renovable no convencional. Por ejemplo: Energía solar, eólica, entre otras) para el progreso de los sistemas de transportes que no requieran de combustibles fósiles.

Desde 1980 empezaron a aparecer este tipo de trenes completamente automatizados<sup>25</sup>, es decir, sin necesidad de un conductor a bordo. Como resultado de esta invención, la seguridad de este servicio puede mejorar significativamente.



*Foto 28.-Tren de Línea 5. Metro de Santiago.*

---

<sup>23</sup> Metro: Conocido también como “Subte” en Buenos Aires, Argentina. “Underground” en Londres, Inglaterra. “ÜBahn” en Berlín, Alemania. “Subway” en Nueva York, EE.UU.

<sup>24</sup> METROVAL: Metro de Valparaíso. Inaugurado el 23 de noviembre de 2005.

<sup>25</sup> Metro Automatizado: Ejemplos: Val à Lille 1983, Toulouse 1993 y Rennes en 2002 o gran gálibo, como la línea D en Lyon 1991.

Tabla 1.- Ventajas y Desventajas Metro.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Si es subterráneo, no utiliza el escaso espacio público urbano. (Solo sus estaciones).</li><li>• Cubre grandes distancias en tiempos cortos.</li><li>• Reducción de número de vehículos y buses que transitan por la ciudad.</li><li>• Alta capacidad de pasajeros con un solo tren.</li><li>• Viaje y uso de tiempo predecible para el usuario.</li><li>• Larga vida útil del material rodante.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alto consumo eléctrico.</li><li>• Infraestructura costosa.</li><li>• Costos de operación altos.</li></ul>

### **Tranvía:**

Circula por rieles ubicados generalmente en un corredor central, o por el costado de la calzada, por donde transitan también los automóviles y buses. Es un tren de recorridos cortos que no alcanza grandes velocidades y que se detiene en los paraderos destinados a este servicio.

Es uno de los medios de transporte urbano más antiguos de Europa y al igual que el metro, luego de sustituir a la máquina a vapor y la tracción animal en 1879, Berlín, Alemania, es la electricidad la fuente de poder que necesita. Por lo general se abastece por medio de catenarias<sup>26</sup> de tranvía colocadas por sobre el recorrido que hará el tren.

Hoy en día es altamente utilizado en las ciudades del viejo continente, y es que ha demostrado reducir la congestión vehicular en las grandes avenidas. Tal es así, que en Chile se pretende utilizar este medio para descongestionar el sector oriente de Santiago con un tranvía que conecte tres comunas como son Lo Barnechea, Vitacura y Las Condes. Adicional a este proyecto, se quiere “revivir” el tranvía turístico que alguna vez hizo al barrio Yungay famoso.

<sup>26</sup> Catenarias: Línea aérea de alimentación que transmite energía. Aconsejada para velocidades bajas únicamente.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee



Foto 29.-Tranvía de Berlín, Alemania. Foto: kaffeinstein.

Tabla 2.- Ventajas y Desventajas Tranvía.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Menos ruidoso y contaminante que un autobús.</li><li>• Menor energía eléctrica que el metro.</li><li>• Infraestructura más económica que metro.</li><li>• Accesibilidad sencilla, no hay desniveles.</li><li>• Capacidad de transporte mayor que su equivalente en autobús.</li><li>• Reducción de accidentes vehiculares al haber menos autos en circulación.</li><li>• Carril utilizado es más angosto que el de un autobús, por lo que racionaliza el espacio público urbano.</li><li>• Larga vida útil de los trenes, en comparación a los autobuses.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impacto estético en la zona urbana si se utiliza tendido eléctrico aéreo. (Posible eliminarlo).</li><li>• Menor capacidad y velocidad que el metro.</li><li>• Rigidez de sus recorridos no permite esquivar automóvil en caso de ser necesario.</li></ul>

**Monorriel:**

Como bien dice su nombre, este tren circula por un solo riel, sobre él o suspendido en el aire, siendo este último el menos común. En el primero, el tren se desplaza sobre una viga de hormigón armado, y es a través de neumáticos de caucho que son apoyados sobre la viga y sus laterales que le proporciona al tren la tracción y la estabilidad. Para el caso del monorriel suspendido, en el que los vagones del tren están bajo el sistema de ruedas y que se mueven por dentro de la viga.

Su propulsión se genera con motores eléctricos que son alimentados por terceros rieles duales, canales electrificados o cables de contacto que están sujetos en su viga guía.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Existe también el monorriel de levitación magnética, el único tren que no está en contacto con el riel, lo que permite minimizar el roce, alcanzar velocidades muy altas (sobre los 500 km/h) y disminuirla rápidamente. Para lograr la levitación del tren se requiere de imanes que se atraen y repelen, la interacción de los magnetos del tren y presentes a lo largo de toda la vía crea una fuerza magnética inducida que compensa la gravedad y genera la levitación. El caso más famoso y exitoso de este tipo de transporte férreo es el “Maglev japonés”.



Foto 30.-Wuppertaler Schwebebahn, el primer monorriel suspendido del mundo. Wuppertal, Alemania.



Foto 31.-Maglev Japonés. Monorriel de levitación magnética más rápido del mundo.

Tabla 3.- Ventajas y Desventajas Monorriel.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Gran seguridad por su incapacidad de descarrilar.</li><li>• Más silenciosos que los convencionales.</li><li>• Capaces de superar pendientes mayores.</li><li>• Requieren espacio mínimo tanto horizontal como verticalmente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requieren de instalaciones especiales para ser accesibles para todo público.</li><li>• Sus vagones son más cortos que los del metro, por lo que su capacidad no es comparable.</li><li>• Diseño extremadamente complejo que ante cualquier falla, puede ocasionar el colapso total del sistema. (Aun no existen accidentes de este tipo).</li></ul>

### Trenes de Cremallera:

Ferrocarril con vagones cortos. Su principal característica y cualidad es poder, a través de un tercer riel o cremallera<sup>27</sup> o un cable, subir pendientes superiores a la de los otros materiales rodantes, para su aplicación es necesario tener una pendiente mayor al 8%. Este ferrocarril es utilizado como trenes de montañas, generalmente con fines turísticos y también en las montañas rusas.

Existen 4 tipos de sistemas de engranajes para este ferrocarril:



Foto 32

Sistema de engranaje Riggerbach.



Foto 34

Sistema de engranaje Strub.



Foto 33

Sistema de engranaje Abt (El más utilizado).



Foto 35

Sistema de engranaje Locher.

### Funiculares:

También conocidos erróneamente como ascensores, son carros que circulan sobre rieles enlazadas por un cable de acero que le da el parentesco a un ascensor inclinado. Siempre hay uno que se eleva y el otro que baja, aprovechando la energía potencial del que está en la parte superior para que ascienda el de la parte inferior y que el descendiente frene adecuadamente. De esta forma permite salvar grandes pendientes en distancias cortas, pero a diferencia del tren de cremallera, no siempre cuenta con un tercer riel. Los carros son movilizadas a través de un mecanismo de poleas motorizadas y que mueve el cable que ejecuta la tracción. Aun así, por seguridad, los funiculares cuentan con varios sistemas de frenados, en caso de que el cable ceda.

---

<sup>27</sup> Cremallera: Ruedas dentadas que encajan en un carril, central o a un costado, pero siempre paralelo a la vía, para circular trayectos de pronunciado desnivel en que la adherencia no es suficiente para el esfuerzo de tracción necesaria.

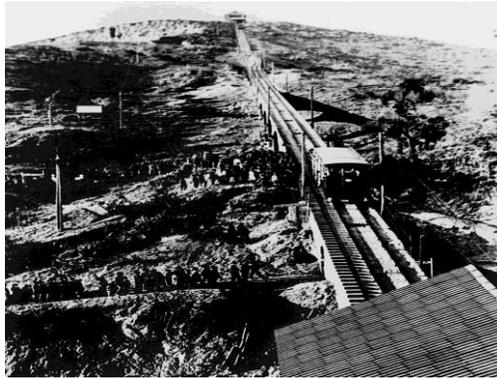
## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Existen ejemplos de este tipo de transporte en todo el mundo y algunos con éxito, sin embargo en territorio nacional hay ejemplares reconocidos como son los funiculares de Valparaíso<sup>28</sup> o el histórico, monumento nacional, del Parque Metropolitano de Santiago<sup>29</sup>. Estos representativos centros turísticos, son, hoy en día, rara vez utilizado como medio de transporte en el caso del funicular portuario y el de la capital nacional, únicamente de atractivo turístico.



*Foto 36.-Funicular de Valparaíso.*



*Foto 37.-Funicular del Parque Metropolitano de Santiago.*

### **Tren de Cercanías:**

Ferrocarriles de corto o medio alcance, especializados generalmente en transportar una alta cantidad diaria de pasajeros desde la periferia, al centro de la ciudad. Caben en esta categoría, los trenes suburbanos, regionales o metropolitanos que comprenden un trayecto desde el centro de una ciudad a sus suburbios, zonas rurales, pueblos aledaños, etc.

---

<sup>28</sup> Funicular de Valparaíso: Inaugurado en 1883. Eran 30 cuando comenzó el servicio, hoy en día funcionan solamente 6.

<sup>29</sup> Funicular Parque Metropolitano: Inaugurado en 1923. En la actualidad es un centro turístico, no se encuentra en servicio.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

Estos trenes pueden compartir vías férreas con los trenes de carga o interurbanos. Sus vagones pueden ser de dos pisos y tiene asientos para todos sus usuarios.

La distancia máxima para esta clasificación es de 100 kilómetros entre primera y última estación, entre estaciones alrededor de 30 kilómetros. Su velocidad puede variar entre 50 y 200 km/h dependiendo de la infraestructura, calidad de sus vías y de los carros que se dispongan.

Este es el medio de transporte que puede ser una muy buena alternativa para descongestionar una ciudad. Tal es así, que su cotización e implementación ha crecido exponencialmente en el mundo y Chile no quiere ser la excepción. El metrotrén Santiago-Rancagua es un ejemplo de ello, que si bien no ha funcionado como debería por problemas administrativos y de gestión gubernamental, hoy se quiere remodelar las vías y se han comprado nuevos carros que pretenden disminuir los tiempos de viaje entre una ciudad y otra. Además la fuente de energía renovable que requiere, la electricidad, es otro factor que impera para echar a andar un proyecto como este, ya que la Región Metropolitana esta ahogada de combustibles fósiles.



*Foto 38.-Metrotrén Alameda-Rancagua.*

Resumiendo la información de los medios de transportes mencionados y considerando a cada uno de ellos alternativas válidas para solucionar el problema común que tienen todas las ciudades como es la congestión vehicular en horas punta<sup>30</sup>, a continuación, una tabla comparativa con las principales características del tranvía, metro, monorriel (no considerando el de levitación magnética. Tecnología inaplicable en la actualidad en Chile) y tren suburbano. Todos ferrocarriles con potencial para ser implementados o extender su relevancia en una metrópolis como Santiago de Chile.

---

<sup>30</sup> Hora Punta u Hora Pico: Denominada así por representar el periodo de tiempo en el cual existe mayor demanda por todos los sistemas de transporte. En el metro de Santiago se considera hora punta de Lunes a Viernes desde las 7:00:00 a 8:59:59 y de 18:00:00 a 19:59:59 horas.

Ian Mc Phee

Características	Tranvía	Metro	Monorriel	Tren Suburbano
Capacidad de Transporte de Pasajeros por Tren	125-250	800-1000	1000	1000-2200
Fuente de Energía	Electricidad vía Catenaria	Electricidad vía Catenaria/Tercer Riel	Electricidad/Tercer Riel	Diesel/Electricidad vía Catenaria/Tercer Riel
Vagones por Tren	De 1 a 2	Hasta 9	2	Hasta 12
Velocidad Urbana Promedio (km/h)	40	60	80	65

### 3.2.- InterCity del Reino Unido.

El sistema de redes ferroviarias en Gran Bretaña es el más antiguo del mundo, inaugurado en 1825 con la primera locomotora pública. En la actualidad, la mayor parte de las vías son administradas por Network Rail<sup>31</sup>, que cuenta con una red de 15.753 kilómetros de vías férreas con trocha estándar, de los cuales 5.268 kilómetros están electrificados. Las líneas son vía única, dobles y en ciertos tramos de vía cuádruple.

Adicionalmente, algunas ciudades tienen sistemas complementarios y separados de transporte masivo sobre rieles, como lo es el “Underground” (Metro de Londres). Existen también ferrocarriles privados (algunos de trocha inferior), que son principalmente líneas turísticas cortas. Además está conectado con la red ferroviaria de Europa continental por un enlace ferroviario submarino, el túnel del Canal de la Mancha, inaugurado en 1994.

El Reino Unido es miembro de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) y cuenta con la decimoctava red ferroviaria más grande del mundo. A pesar de que hay líneas que se han cerrado en el siglo XX, sigue siendo una de las redes ferroviarias más densas. Tal es así que tiene más tráfico que la mayoría de las redes de Europa, con un 20% más de

<sup>31</sup> NETWORK RAIL: Empresa gubernamental del Departamento de Transporte del Reino Unido (Inglaterra, Escocia y Gales) fundada en 2002.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

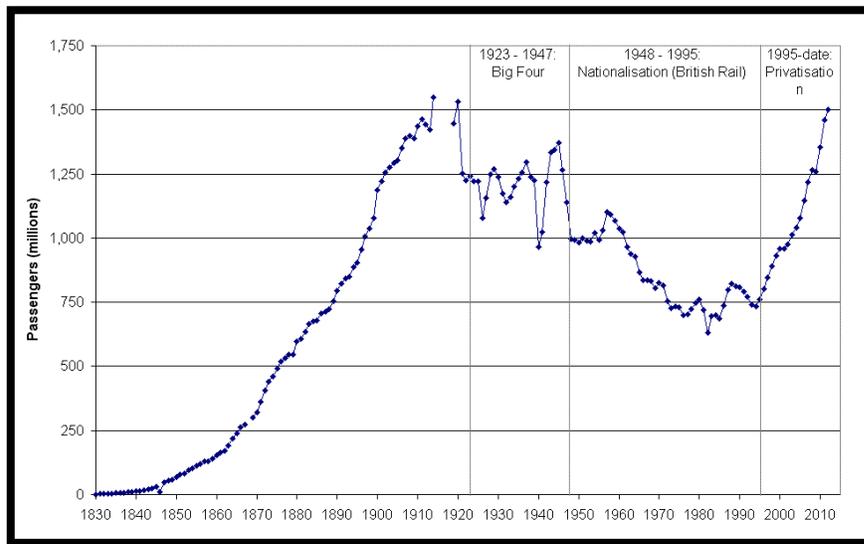
Ian Mc Phee

servicios ferroviarios que Francia, un 60% por sobre Italia y más que España, Suiza, Países Bajos, Portugal y Noruega juntas.

El año 2013 hubo 1,59 mil millones de viajes en la red de National Rail, logrando el quinto lugar como la red más utilizada en el mundo (Gran Bretaña ocupa el número 23 en la población mundial).

A diferencia de otras naciones, los viajes en tren en el Reino Unido han ido incrementando en los últimos años considerando los kilómetros recorridos. Esto es atribuible en gran medida, a un alejamiento de los usuarios del transporte privado. Crecientes congestiones de las carreteras y el aumento de los precios del petróleo han favorecido el transporte ferroviario, pero también al hecho de que viajar, cualquiera sea el motivo de este y el medio de transporte utilizado se ha incrementado con la riqueza.

Tabla 4.- Gráfico de número de viajeros en los ferrocarriles británicos en el periodo 1830–2012 (Millones).



La red ferroviaria británica está interconectada con Francia (Eurostar), vía túnel del Canal de la Mancha que facilita la conexión con otros países de Europa como, Bélgica (Eurostar), Alemania (Deutsche Bahn), Irlanda del Norte (ancho de vía irlandés) e Irlanda del Sur (Enterprise) entre Belfast y Dublín.

Así mismo, con servicios de ferrocarril-ferry-ferrocarril que permite un transporte asequible con Holanda (Dutchflyer) e Irlanda (Ferrocarril-Ferry).

### **British Rail (Riel Británico).**

Compañía que en 1966 introdujo a los trenes “Intercity” como una marca para los recorridos expresos de largo alcance. Para mejorar su capacidad operacional, 20 años después la franquicia hizo una sectorización de los servicios que provee. El sector responsable de los trenes expresos de larga distancia asumió el nombre de marca InterCity. Como resultado, se convirtió en una de las 150 compañías más valiosas de Gran Bretaña.



*Foto 39.- Logotipo British Rail.*

### **Sectorización.**

Esta medida permitió establecer zonas y recorridos que serían administrados por compañías diferentes, facilitando así su gestión y calidad de servicio que actualmente puede ser considerado como uno de los más eficientes a nivel mundial. Algo similar se intentó de replicar, a menor escala, en Santiago de Chile aplicando una subdivisión de las áreas urbanas, con el fin de tener una mejor distribución de recorridos de buses y de complementar a las líneas de metro, conocido como el Transantiago<sup>32</sup>.

- East Coast: Servicios en la línea principal de la costa este desde la King's Cross de Londres hasta Yorkshire, el noreste de Inglaterra y el este de Escocia.
- West Coast: Servicios en la Línea Principal de la Costa Oeste desde Londres Euston a West Midlands, Gales del Norte, Noroeste de Inglaterra y el sur de Escocia, incluyendo servicios de durmientes durante la noche a Escocia.
- Midland: Servicios en la línea principal de Midland de Londres Saint Pancras a los Midlands del este y al Yorkshire del sur.
- Great Western: Servicios en la línea principal de Great Western de Londres Paddington a Gales del Sur e Irlanda del Sur, incluyendo servicios del durmiente de noche al país del oeste.
- Great Eastern: Servicios en la Great Eastern línea principal desde Londres Liverpool Street hasta Essex y East Anglia.
- Cross-Country: Servicios entre pares de ciudades que usaban una combinación de las varias líneas principales, pero usualmente evitaban Londres. Muchos de éstos sirvieron la Ruta Cross-Country.

---

<sup>32</sup> TRANSANTIAGO: Sistema de transporte público urbano que opera en el área metropolitana de la ciudad de Santiago, capital de Chile.

Ian Mc Phee

- Gatwick Express<sup>33</sup>: Servicio de transporte entre Londres, estación Victoria y el aeropuerto de Gatwick.

La red de vías férreas en Gran Bretaña es extensa y los costos de transporte varían de acuerdo a la distancia del recorrido y de la ubicación geopolítica del destino. Por ejemplo, si se desea viajar desde Londres al norte de Inglaterra se debe considerar el cambio de zona que contempla dicho trayecto, por lo que el precio aumenta con respecto a viajar dentro de la zona céntrica de Inglaterra, cercana a la capital. Los diferentes países de Gran Bretaña también son considerados otras zonas, por lo que a la hora de adquirir pasajes, es necesario planificar el viaje. Para conocer y georreferenciar de mejor manera lo explicado, a continuación en la Foto 38, la red completa de líneas ferroviarias existentes en el Reino Unido con su respectiva simbología.

---

<sup>33</sup> EAST COAST: Costa Este; WEST COAST: Costa Oeste; MIDLAND: Línea del Interior; GREAT WESTERN: Del Gran Oeste; GREAT EASTERN: Del Gran Este; CROSS-COUNTRY: A través del País; GATWICK EXPRESS: Tren que une el centro de Londres con el aeropuerto Gatwick. El segundo más grande de la capital británica.

# El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

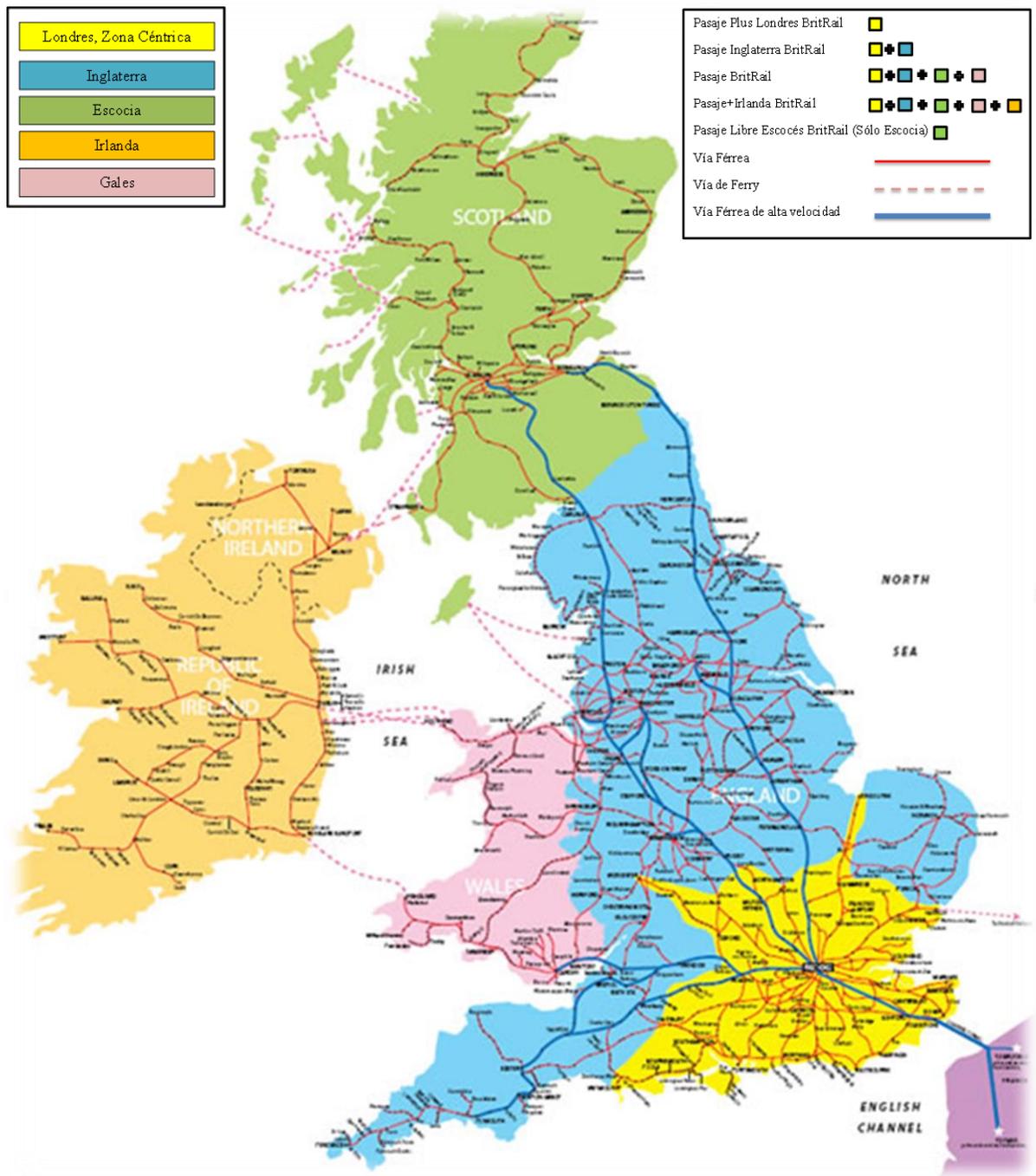


Foto 40.-Mapa de Red ferroviaria de Gran Bretaña.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

Intercity opera trenes de variadas velocidades, servicios a bordo y capacidades de pasajeros, que tienen nombres que los identifican:

- A. “InterCity 125”: El "125" se refiere a la velocidad máxima del material rodante en millas por hora (mph), equivalente a 201 km/h. Tiene la particularidad de ser el tren diesel más rápido del mundo.



*Foto 41.-InterCity 125.*

- B. “InterCity 225”: Trenes eléctricos de alta velocidad operados en la ruta de la costa este mientras que "225" se refiere a la velocidad máxima prevista en km/h (140 mph).



*Foto 42.-InterCity 225.*

- C. “InterCity 250”: Nombre determinado por ser la mejora propuesta de la línea principal de la Costa Oeste en la década del 90. Los trenes se comercializaban bajo la marca InterCity 175, refiriéndose a la velocidad operativa máxima de 110 mph, equivalente a 175 km/h, idea que fue posteriormente abandonada.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee



Foto 43.-InterCity 250.

Los servicios a bordo que proveen los carros de los InterCity están diseñados para cumplir con todas las necesidades básicas que un usuario pueda solicitar, ya sea en viajes de largas o medianas distancias.

Tabla 5.- Servicios disponibles para usuarios de los InterCity.

Servicios Básicos	Servicios para diferentes categorías de pasajeros	Servicios para pasajeros discapacitados
Amplificador para teléfono móvil.	Asientos para pasajeros alérgicos.	Dos espacios para sillas de ruedas en la planta baja.
Tomacorrientes en el asiento.	Espacios para mascotas.	Rampa para sillas de ruedas con pulsador.
Mesa para cambiar pañales.	Servicios para familias y compartimentos familiares.	Toma de corriente detrás de la silla de ruedas.
Información de pasajeros en los monitores del mismo nombre.	Espacio para coches de bebé.	Número de asientos en Braille.
Aire acondicionado.	Espacio para esquís.	
	Área de juegos infantiles.	
	WLAN (Internet)	

#### 4.- Trenes de Cercanía en el Mundo.

La experiencia internacional en el tema de transporte urbano para solucionar lo mejor posible la problemática de transportar personas, de manera segura, menos costosa, eficiente y amigable con el medio ambiente, es clave para poder incentivar e implementar el ferrocarril como un medio competitivo en el mercado nacional. Tal es así, que diferentes autoridades de gobierno, de la actual y pasada administración, han viajado al viejo continente para conocer la realidad de los interurbanos en Europa y con eso, intentar diversificar los medios de transporte, ya que eso es esencial para descongestionar una ciudad y sus alrededores como es el gran Santiago y la Región Metropolitana.

En la última visita de nuestras autoridades al viejo continente, en Septiembre de 2013, el Ministro de aquél gobierno Pedro Pablo Errázuriz, aseguró que *“en Europa y pese a la crisis financiera, se sigue apostando con fuerza por el crecimiento del transporte ferroviario, ya que el número de usuarios transportados aumentó un 7% más que el año 2011, alcanzando los 3 mil millones de pasajeros el año pasado”*. Como reflexión, se puede pensar, afortunadamente, que existen intenciones de implementar los trenes de cercanía y como indica el ejemplo europeo, es en momentos de crisis y dificultades económicas cuando el estado debe impulsar este tipo de proyectos y así reactivar la economía.

En la misma visita y entrevista de La Tercera, el Presidente de EFE Joaquín Brahm agregó, *“los trenes permiten dar certeza de los horarios de salida y llegada; son más seguros, no tienen ‘tacos’ y contaminan un 75% menos que los camiones ya que necesitan 4 veces menos energía para transportar una tonelada”*. Dejando entrever que el transporte de cargas también debiese ser una prioridad en nuestro país.

Es una reciente política de EFE, tratar de replicar el ejemplo de redes ferroviarias interconectadas que posee Berlín, como lo plantea en su página web. Esto da luces de esperanza para quienes esperamos planes a largo plazo y con proyección en esta materia. Sin embargo, el proyecto Alameda-Melipilla se ha aplazado más de alguna vez por falta de recursos y de hacer que esto sea una prioridad política.

El ferrocarril interurbano está en expansión en todo el mundo y se pueden describir muchos ejemplos y algunos muy especiales, es por esto que se procederá a mencionar y describir de menor a mayor, los diez trenes con mayor velocidad operativa del mundo en la actualidad y sus principales características.

#### 4.1.- Los 10 Trenes de Cercanía más Rápidos del Mundo.

##### 10.- THSR 700T. (Taiwan High Speed Rail/Tren de Alta Velocidad de Taiwán).

Perteneciente a la familia de la Serie 700 Shinkansen<sup>34</sup>, es el primer modelo japonés exportado. Considera una flota de 30 trenes que están operativos desde su inauguración el 5 de enero de 2007 que cruza Taiwán entre Taipéi y Kaohsiung. 354 km en 90 minutos. El proyecto necesitó de una inversión que superó los € 2000 millones.

- Fabricante:
  - Kawasaki Heavy Industries.
  - Empresa Rolling Stock.
  - Hitachi Rail.
  - Nippon Sharyo.
- Capacidad: 989 pasajeros.
  - Clase Ejecutiva: 66 asientos (2 + 2, paso: 1,120 mm).
  - Clase Turista: 923 asientos (2 + 3, paso: 1.040 mm).
- Operador: THSRC.
- Material de Carrocería: Aluminio (Al).
- Dimensiones Material Rodante:



Foto 44.- Trayecto THSR 700T, atravesando Taiwán.

Longitud	Longitud del Carro	Ancho	Alto
12 coches. 304 m.	Coches finales: 27 m. Intermedios: 25 m. Transiciones de 0,5 m.	3,38 m.	4,65 m.

- Velocidad Máxima: 300 km/h (186 mph).
- Peso: 503 toneladas.
- Eje de Carga: Máximo 14 toneladas.
- Sistema de Tracción: 36 motores.
- Aceleración: 2,0 km/h/s. 0 a 300 km/h en 15 minutos.
- Sistema Eléctrico: 25 kV 60 Hz Catenaria.
- Trocha Estándar: 1,435 mm.



Foto 45.- THSR 700T.

<sup>34</sup> Shinkansen (nueva línea troncal): Es una red de líneas ferroviarias de alta velocidad en Japón.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

El consumo energético per cápita del 700T completamente cargado es el 16% de los vehículos particulares y la mitad de los autobuses. A su vez, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son del 11% y un cuarto, respectivamente.

## 9.- ETR 500 FRECCIAROSSA.

Primer tren de alta velocidad construido en Italia con centro de gravedad no oscilante o pendulante. El ETR 500 entro en servicio por primera vez en 2008, utilizado por parte de Trenitalia, operadora estatal italiana que presta los “flecha roja” (Frecciarossa), que es el nombre comercial de los servicios de alta velocidad. Los trenes que realizan estos itinerarios, son de la serie ETR 500, diseñados para alcanzar los 360 km/h, pero que en servicio, no superan los 300 km/h.

El servicio cubre el itinerario de alta velocidad Turín–Salerno, en el cual todos los trayectos son realizados, con una demanda especial en el tramo Roma-Milán.

- Recorridos:
  - Turín-Milán.
  - Milán-Bolonia.
  - Bolonia-Florenca.
  - Florenca-Roma.
  - Roma-Nápoles.
  - Nápoles-Salerno.



Foto 46.- Recorridos de los "Flecha Roja".

Para fabricar este modelo, se creó un consorcio llamado TREVI (Treni Veloci Italiani/Trenes Veloces Italianos).

- Fabricantes:
  - Ansaldo.
  - Breda.
  - ABB.
  - Tecnomasio.
  - Fiat Ferroviaria.
  - Firema.



Foto 47.- ETR 500 Frecciarossa.

Este tren no posee centro de gravedad pendulante como los “Pendolinos” ya que la red de alta velocidad (TAV) en uso y en construcción no tiene curvas con radios reducidos que requirieran de aquella característica, ya que la red de alta velocidad italiana utiliza muchos túneles, por lo que los ETR 500 tienen un perfil aerodinámico que minimiza el cambio de presión al ingresar a los mismos. El ferrocarril es capaz de circular en líneas de alta velocidad de 25 kV con corriente alterna y en líneas tradicionales de 3 kV con corriente continua.

### 8.- TGV DUPLEX (Train à Grande Vitesse/Tren de Gran Velocidad).

Fabricado en 1995, con el fin de aumentar la capacidad de transporte de los TGV sin tener que aumentar la longitud del tren ni la frecuencia del número de trenes. Cada carro tiene dos pisos, con un único acceso a través de las puertas de la parte baja que se aprovechan de la baja altura de los andenes franceses.

- Fabricante: Alstom.
- Capacidad: 512 pasajeros en el piso superior, por lo que puede llegar a 1024 pasajeros.
- Peso: 424 toneladas.
- Velocidad Máxima: 320 km/h.
- Energía Eléctrica: 1.500 V cc<sup>35</sup>/25kV ca<sup>36</sup>.
- Potencia: 8800 kW.
- Trocha Estándar: 1,435 mm.
- Dimensiones Material Rodante:



Foto 48.- TGV Duplex.

Longitud	Ancho	Alto
200,19 m.	2,90 m.	4,65 m.



Foto 49.- Red de Vías del TGV Francés.

Tiene el récord de mayor velocidad en condiciones especiales de prueba (sin pasajeros a bordo, sólo operadores) cuando el 3 de abril de 2007 superó su propio registro al llegar a los 574,8 km/h en la línea París-Estrasburgo.

El éxito de la primera línea de TGV favoreció la expansión del servicio, con nuevas líneas construidas hacia el resto de Francia. Tal es así, que algunos países vecinos quisieron replicar su éxito. Bélgica, Italia y Países Bajos construyeron también sus propias líneas de alta velocidad y en la actualidad, las líneas francesas de alta velocidad conectan con las Bélgica, Alemania,

Países Bajos, Luxemburgo, Italia, Suiza, España e incluso, con las del Reino Unido.

<sup>35</sup> CC: Corriente Continua.

<sup>36</sup> CA: Corriente Alterna.

## 7.- EURODUPLEX.

También conocido como TGV 2N2. Fabricado en 2010, es una nueva versión del tren de alta velocidad TGV que constituye algunos cambios cualitativos con respecto a su modelo precedente, el TGV Dasye. Tales como:



Foto 50.- Alstom Euroduplex.

- Cristales de seguridad en mayor número.
- Sistema de información al viajero interior con anuncios por megafonía.
- Sistema de información al viajero exterior con pantallas indicadoras de datos del tren.
- Control automático del comportamiento de cada eje.
- Mejor accesibilidad para las personas de movilidad reducida.

Es en la actualidad, el único tren del mundo totalmente interoperable, es decir, capaz de funcionar en varias líneas ferroviarias europeas. Redes como la francesa, alemana, suiza y luxemburguesa y próximamente en Marruecos. El modelo cuenta con equipos de señalización compatibles con cada red y están equipados con sistemas de tracción adaptados a la variedad de tensiones utilizadas en los países que utilicen la norma europea, pudiendo cruzar fronteras sin ningún problema.

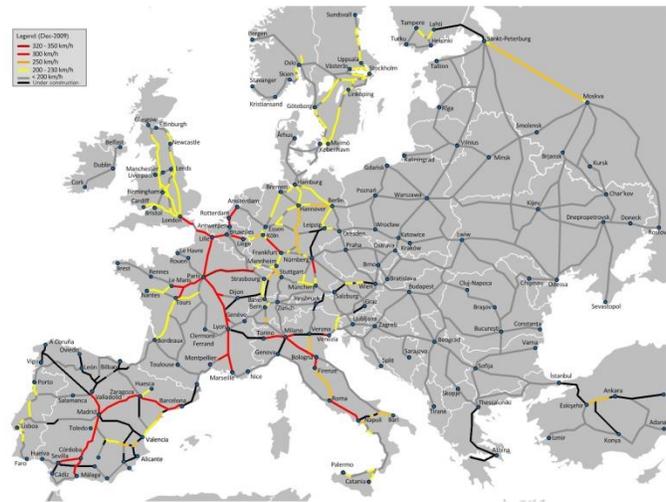


Foto 51.- Red de Líneas europeas para el Euroduplex (2009).

Su diseño se beneficia de costos de adquisición y de explotación reducida, por lo que ofrece mejoras en distintos ámbitos: confort, seguridad en caso de descarrilamiento, menor peso, resistencia aerodinámica y consumo de energía. Diseñado para las necesidades del siglo XXI, Euroduplex también logra una tasa de reciclabilidad del 90%, cifra histórica en el desarrollo de tecnologías ferroviarias.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

- Fabricante: Alstom.
- Capacidad: 1024 pasajeros. Versión anterior tenía una capacidad de 512 pasajeros.
- Peso: 385 toneladas.
- Trocha Estándar: 1435 mm.
- Velocidad Máxima: 320 km/h.
- Energía Eléctrica: 1.500 V cc/15.000 V Catenaria/25.000 V Catenaria.
- Potencia:
  - 3.680 kW (1,5 kV CC)
  - 6.800 kW (15 kV CA)3
  - 9.280 kW (25 kV 50 Hz)
- Dimensiones Material Rodante:

Longitud	Ancho	Alto
200,19 m.	2,81 m.	4,65 m.

**6.- SHINKANSEN HAYABUSA E5 SERIES.**

Fabricado en 2009, comenzó a operar en los servicios Tohoku Hayabusa Shin-Aomori<sup>37</sup> desde marzo de 2011. Es hoy en día, el tren más rápido en tierras niponas, a pesar de que circula a 320 km/h en los servicios que realiza.

- Posee como principales características:
  - Testero aerodinámico<sup>38</sup> de 15 metros de longitud que reduce la contaminación acústica a la entrada de túneles y las vibraciones que se producen en el tren.
  - Bogies<sup>39</sup> totalmente cubiertos que ayudan a minimizar el ruido de rodadura. Cubiertas laterales que presentan una superficie aerodinámicamente lisa al avance.
  - Innovaciones tecnológicas como un sistema de suspensión activa para mejorar el confort del viaje, además de un sistema de pendulación que coopera con las curvas muy exigentes.
- Fabricante: Hitachi y Kawasaki.
- Composición: 10 carros.
- Capacidad: 731 pasajeros.
- Peso: 453,5 toneladas.
- Trocha Estándar: 1435 mm.
- Velocidad Máxima: 400 km/h.
- Energía Eléctrica: 25 kV 60Hz.
- Potencia: 9960 kW.
- Dimensiones Material Rodante:



Foto 52.- Mapa de Línea Tohoku Shinkansen de Japón.



Foto 53.- Shinkansen Hayabusa E5 series.

Longitud	Longitud del Carro	Ancho	Alto
253 m.	25 m.	3,35 m.	3,65 m.

<sup>37</sup>Tohoku Hayabusa Shin-Aomori: Línea de alta velocidad o Shinkansen, que conecta Tokio con Aomori; en la región de Tohoku, Honshu. Con 674 km, es el Shinkansen más extenso de Japón.

<sup>38</sup>Testero Aerodinámico: Parte frontal de un tren o ferrocarril. Responsable de la mayor parte de la resistencia aerodinámica del material rodante.

<sup>39</sup>Bogies: Conjunto de dos o tres pares de ruedas, montadas sobre ejes próximos, paralelos y solidarios entre sí, utilizados en ambos extremos de los ferrocarriles.

### 5.- TALGO 350.

Tren de alta velocidad que posee la mejor relación peso/capacidad con respecto a todos los demás modelos europeos. Gracias a esto, hay un menor desgaste de vías, disminuye el consumo energético y reducen la factura energética del sistema. Elaborado en 2004, hace trayectos principalmente en España, donde hizo su debut en 2005 conectando Madrid con Barcelona. Recientemente fue exportado y opera en Arabia Saudita.



Foto 54.- Red de Líneas españolas del Talgo 350.

El uso de ruedas independientes en lugar de bogies y su colocación entre los coches permite reducir el número de ejes hasta en un 50% respecto a otros trenes de velocidad comparable. Adicionalmente su bajo centro de gravedad, su sistema de pendulación natural y el guiado automático de las ruedas mejoran la seguridad del servicio. Esto permite flexibilidad para la configuración del tren en su adaptación a las distintas necesidades.

- Fabricante: Talgo/Tracción y Bogies Bombardier.
- Capacidad: 417 pasajeros.
- Configuración: 2 cabezas 12-13 carros.
- Trocha Estándar: 1435 mm.
- Velocidad Máxima: 363 km/h.
- Velocidad Comercial: 330 km/h.
- Peso: 322 toneladas.
- Número de Ejes: 21
- Energía Eléctrica: 25 kV 50 Hz Catenaria. Modificable según necesidades cliente.
- Potencia: 8000 u 8400 kW (24.7 kW/t).
- Dimensiones Material Rodante:



Foto 55.- Talgo 350.

Longitud	Ancho	Alto
200 m.	2,942 m.	3,365 m.

Ian Mc Phee

#### 4.- SIEMENS VELARO E/AVE S103.

Fabricado el año 2006, es uno de los trenes más avanzados del mundo y uno de los más rápidos en cuanto a velocidad en explotación comercial. Con tracción distribuida, es decir que tiene bogies con tracción repartidos por todo el tren, obteniendo un mejor aprovechamiento del espacio del tren. En definitiva, este modelo tiene un mejor aprovechamiento de la energía y mayor aceleración. Su marca característica de viaje es poder recorrer los 600 km que distan a Madrid de Barcelona en 2 horas 30 minutos. El costo total de un tren es de unos 28 millones de euros.



Foto 56.- Tracción distribuida, "Bogies" Siemens Velaro E/AVE Serie 103.

o Datos Técnicos:

- Las ruedas tienen un diámetro de 920 mm.
- El freno es recuperativo o reostático<sup>40</sup>, aplicado en el 80% de los casos, con resistencias ubicadas en el techo y neumático sobre disco.
- El peso por eje del tren es de 16 toneladas.
- El enganche es de tipo Scharfenberg<sup>41</sup> y permite que los trenes circulen en doble composición, alcanzando los 808 viajeros de capacidad.



Foto 57.-Siemens Velaro E/AVE Serie 103.

- o Fabricante: Siemens.
- o Capacidad: 404 pasajeros.
- o Trocha Estándar: 1435 mm.
- o Velocidad Máxima: 400 km/h
- o Velocidad Comercial: 350 km/h.
- o Peso: 447 toneladas.
- o Energía Eléctrica: 25 Kv 50 Hz Catenaria.
- o Potencia: 8800 kW.
- o Dimensiones Material Rodante:

Longitud	Ancho	Alto
200,32 m.	3,890 m.	2,950 m.

<sup>40</sup>REOESTÁTICO O FRENO DINÁMICO: La electricidad generada para movilizar el material rodante, es disipada en forma de calor por medio de resistencias.

<sup>41</sup> ENGANCHE SCHARFENBERG: Un acople, gancho o enganche que sirve para conectar varios carros o coches entre sí y formar un tren, flexibilizando la capacidad de los ferrocarriles.

Ian Mc Phee

### 3.- AGV ITALO (Automotrice à grande Vitesse/Automotor Eléctrico Alta Velocidad).

Electro tren de alta velocidad llamado a ser el sucesor del TGV. Fabricado los años 2010-2011, la innovación más relevante de la serie es combinar la tracción distribuida, con dos bogies por coche, y el diseño de los trenes articulados de bogie compartido entre



Foto 58.- 2 Bogies por vagón, uno entre dos carros del AGV ITALO en círculos rojos.

los coches como los TGV o Renfe Serie 100. Esto ofrece ventajas en términos de estabilidad y seguridad. Da rigidez a todo el tren, evita deformaciones y el pliegue que se produce como "acordeón", como

ocurre en los trenes no articulados. Adicionalmente, los bogies, que llegan a ser 12 en 11 carros, ubicados entre los vagones, las vibraciones, los ruidos y los movimientos entre coches se ven disminuidos.

Posee motores con imanes permanentes para la tracción y freno dinámico. Según la empresa fabricante este sistema de tracción es un 20% más ligero, presenta un menor consumo y ocupa menos volumen que las generaciones precedentes. Su desarrollo ha durado 14 años y no ha sido en vano, ya que consume un 15% menos de energía que los TGV, disminuye su costo de mantenimiento en un 30%. Actualmente está operativo en Italia conectando Roma y Nápoles en un comienzo para luego incorporar Milán como destino.

- Fabricante: Alstom.
- Capacidad: 250 a 650 pasajeros.
- Trocha Estándar: 1435 mm.
- Velocidad Máxima: 574,8 km/h en pruebas de 2007 (Récord del momento).
- Velocidad Comercial: 360 km/h.
- Peso: 250 a 510 toneladas.
- Energía Eléctrica: 25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz, 3 kV cc, 1,5 kV cc.
- Potencia: 6.000 a 12.000 kW.
- Dimensiones Material Rodante:



Foto 59.- AGV ITALO.

Longitud	Ancho	Alto
130 a 250 m.	2,942 m.	3,365 m.

## 2.- CHINA RAILWAYS CRH380A.

Tren chino de alta velocidad eléctrico que fue puesto en funcionamiento regular en la línea ferroviaria de alta velocidad Shanghai-Nanjing y en la línea ferroviaria de alta velocidad Shanghai-Hangzhou a partir de octubre de 2010. Diseñado para operar a una velocidad de crucero de 350 km/h y un máximo comercial de 380 km/h, lo que lo convierte en el tren con velocidad operativa más rápido del mundo. El ferrocarril más



Foto 60.- Línea de alta velocidad más larga del mundo.

corto, de 8 coches, registró una velocidad máxima de 416,6 km/h durante una prueba y el tren más largo, de 16 vagones, logró momentáneamente el récord mundial de velocidad alcanzando los 486,1 km/h en la línea de alta velocidad más larga del mundo en China. Este proyecto se realizó como continuación del programa CRH2-350. El modelo nuevo sustituye a la tecnología extranjera utilizada en el CRH2 por tecnología nacional china y aumenta la velocidad máxima.

- Sus principales características técnicas son:
  - Cabeza aerodinámica de baja resistencia reducida en un 6,1% a su predecesor, el ruido aerodinámico en un 7%, la elevación aerodinámica en un 51,7%.
  - Bogies seguros y confiables de alta velocidad. Su velocidad de inestabilidad crítica es de 550 km/h. El coeficiente de descarrilamiento del nuevo tren es de 0,34 a una velocidad de 386 km/h, mientras que el coeficiente de descarrilamiento máximo del CRH2A es de 0,73.
  - Tecnología avanzada de control de ruido. El nivel de ruido medido es de 67 dB-69 d<sup>42</sup>B cuando viaja a 350 km/h, que es similar al CRH2A a 250 km/h.
  - Sistema de tracción de alto rendimiento. Permite que el tren acelere de 0 a 380 km/h en 7 minutos.
  - Frenado regenerativo. Cuenta con una tasa de retroalimentación máxima de 95%. Con cada parada casi 800 kWh de energía eléctrica se pueden alimentar

<sup>42</sup> dB: Decibeles. Rango de capacidad del oído humano es 20 Hz – 20 kHz de frecuencia del sonido, que en decibeles son 0 – 130 dB.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

de nuevo a la red eléctrica. En consecuencia, la potencia máxima del tren aumenta en un 50%, por lo que existe un excepcional ahorro de energía.

- Fabricante: CSR Qingdao Sifang.
- Capacidad: 480 pasajeros (8 carros por tren). Modelo tipo CE: 556 pasajeros. Modelo tipo AL: 1061 pasajeros.
- Velocidad Máxima: 486,1 km/h.
- Velocidad Comercial: 380 km/h.
- Energía Eléctrica: 25 kV 50 Hz AC. Catenaria aérea.
- Potencia: 9,6 MW (12,900 CV).
- Dimensiones Material Rodante:



Foto 61.- CRH380A.

Longitud	Longitud de Coche	Ancho	Alto
203 m.	25 m.	3,38 m.	3,7 m.

## 1.- SHANGHAI MAGLEV (MONORRIEL DE LEVITACIÓN MAGNÉTICA).

Inaugurado el 1 de enero de 2004 y con un costo aproximado de € 1000 millones, el Shanghai Maglev es la primera línea de tren comercial de alta velocidad por levitación magnética construida en el mundo. La línea en la que circula se encuentra a unos 8 metros sobre el nivel del resto de construcciones urbanas. El recorrido tiene una



Foto 62.- Shanghai Maglev en circulación.  
Monorriel en altura.

distancia total de 30 kilómetros entre la estación de metro de Longyang Road al Aeropuerto Internacional de Pudong, a dos estaciones, tardando alrededor de 7 minutos 30 segundos, con una velocidad media aproximada de 240 km/h. Sin embargo, registra una velocidad máxima operativa de 431 km/h en aproximadamente 3 minutos y medio de dicho circuito.

Durante unas pruebas realizadas en 2006, se establece en este circuito, un nuevo récord chino de velocidad sobre monorriel,

superando los 500 km/h, récord que no es aplicable ni comparable al resto del mundo, ya que en pruebas no comerciales el maglev experimental Shinkansen japonés alcanzó velocidades próximas a los 600 km/h. Además, la base tecnológica de las locomotoras AVE españolas, el TGV francés, en sus evoluciones posteriores a la década de los 80, alcanzó en circuito los 550 km/h sobre rieles convencionales, pero no fueron realizados en servicios comerciales. En términos de seguridad el Shanghai Maglev tiene un comportamiento ejemplar dado que en sus servicios de circulación comercial diaria se alcanzan los 430 km/h de velocidad crucero. Una vez comprendido lo anteriormente explicado, se puede concluir que este tren es el que alcanza la mayor velocidad operativa en el mundo.

- Operadora: Shanghai Maglev Transportation Development Company Ltd. (SMT).
- Capacidad: 3 carros, 600 pasajeros.
- Velocidad Máxima: 550 km/h.
- Velocidad Comercial Operativa Promedio: 240 km/h.
- Energía: Levitación Magnética.



Foto 63.- Shanghai Maglev en estación Longyang Road.

## 5.- Construcción de una Vía Férrea.

Para la construcción de vías férreas, existen normas obligatorias que fijan estándares de calidad y seguridad, y normas recomendadas que pretenden mejorar dichos estándares.

Normas Obligatorias:

- a. Todas las normas que la Empresa de Ferrocarriles tenga en vigencia a la fecha de consultar estas Recomendaciones de Diseño.
- b. Todas las normas chilenas INN-NCh, relacionadas con el diseño, cálculo, especificaciones de materiales y construcción de obras.

Normas Recomendadas:

- a. Manual for Railway Engineering, publicado por la “American Railway Engineering Association”, AREMA.
- b. Normas relacionadas con puentes publicadas por la “American Association of State Highway and Transportation Officials”, AASHTO.
- c. Manual de Normas del Código Internacional UIC.
- d. Manual del Instituto Chileno del Acero.
- e. Códigos para protección de estructuras metálicas, Steel Structures Painting Council SSPC.
- f. Normas para perfiles soldados y soldaduras de unión de la “American Welding Society”, AWS.
- g. Normas para la especificación de materiales de la “American Society for Testing Materials”, ASTM.

Como ya ha sido expresado en este trabajo, el principal obstáculo del desarrollo del ferrocarril en Chile, es la infraestructura deficiente que se tiene. Vías que requieren de mantención y otras que urge remodelarlas así como también trenes con una vida útil ya expirada. Esto último no es sorpresa ya que la adquisición del material rodante como necesidad de disminuir costos, en general, ha sido comprar carros usados e importados de España y Francia principalmente.

En el presente capítulo se explicará las partes de una vía, los materiales, las obras de arte a realizar, las maquinarias y el proceso constructivo de una vía férrea apta para el uso de un tren suburbano como se pretende en el proyecto Alameda-Melipilla.

La vía de un ferrocarril está constituida por dos partes principales para su construcción:

### Preparación del Terreno o Terracerías.

Conjunto de obras que son ejecutadas, cortes o terraplenes para llegar al nivel de terreno requerido, llamado subrasante.

#### 5.1.- Superestructura: Partes de una Vía Férrea.

Se le denomina superestructura a todo lo que se monta sobre la subrasante. Dos rieles colocados sobre varias plataformas de hormigón, madera o metal llamadas en América Latina como durmientes. Bajo estas últimas, se haya el balasto, grava o piedras de corte chancado, que recibe las cargas y las distribuye hacia el suelo.

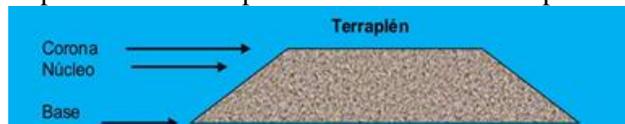
Previo al comienzo del montaje de la superestructura se debe revisar por expertos, el acabado del terraplén, particularmente la corona<sup>43</sup>. Para esto, se corre un eje en el borde exterior de la misma a la derecha ascendentemente cada 50 m. en rectas, en curvas cada 20 m. Se revisa el ancho de la corona, en la cual no se permiten más de 15 cm. de estrechez y se admiten hasta 15 cm. de ancho por encima del proyecto. La corona presenta en su centro una elevación mayor que el de sus bordes, se permite tener hasta 5 cm. de altura.

Es necesario también, comprobar los perfiles longitudinales, los radios de curvas, la compactación del suelo, la capacidad de drenaje y las pendientes de los taludes.

Para construir una línea de tren nueva se debe tener en cuenta el tipo de equipo rodante, la densidad de tráfico y la velocidad con la que circulará. Por otra parte, en el caso de tener que reconstruir o mejorar las capacidades de una vía férrea:

- A. **Reconstrucción:** En la necesidad de cambiar los parámetros iniciales de la superestructura, de velocidad, carga por eje y densidad de tráfico, se amplía la corona de la explanación, se aumenta la potencia de la superestructura y se mejora los radios de curva.
- B. **Reparación capital:** Significa el cambio total de la superestructura por una igual, nueva o por otra de capacidades mayores. Se aumenta el espesor de balasto, se reparan los drenajes y se colocan señaléticas nuevas o reparadas aptas para las nuevas condiciones de vía.

<sup>43</sup> Corona: Superficie superior de un terraplén. Será la base de la superestructura de la vía férrea.



- C. **Reparación media:** Se refiere a un tipo de mantención. Cambios de elementos en la superestructura de la vía, en una cantidad tal que no llega a ser una reparación capital. Se toma en cuenta la cantidad de traviesas, carriles y balasto en mal estado y se cambia un porcentaje determinado.
- D. **Reparación ligera:** Es al igual que la media, cambio de los mismos elementos de la superestructura de la vía, pero en un porcentaje menor que el anterior.
- E. **Mantenimiento:** Planificados en un período del año. Cambio aislado de elementos de la superestructura de la vía o inclusive, una serie de operaciones que se realizan para evitar la pérdida y el desgaste excesivo de las piezas. Un control periódico sobre los elementos es considerado mantenimiento.

### 5.1.1.- Riel o Carril.

Barra metálica por la cual se desplaza el tren. Actúa como soporte, como guía del ferrocarril y como conductor de electricidad.

Se cortan en tramos de 18 a 288 metros, dependiendo de las características de la vía a construir.

Partes del Riel: (*Ver Foto 31*).

- Cabeza/Hongo: Parte superior. Se utiliza como elemento de rodadura.
- Alma: Parte de pequeño espesor. Une la cabeza con el patín.
- Patín: Base, de anchura mayor que la cabeza. Superficie inferior es plana para su apoyo en durmiente.

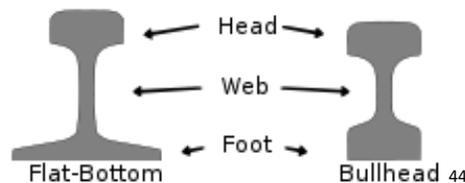


Foto 1.- Riel de patín plano y de doble champiñón.

Riel de Platín Plano: Utilizado actualmente debido a su mayor soporte de carga que es consecuencia de la forma plana en la parte inferior. Lo hace más estable para grandes cargas y resistente para altas velocidades.

<sup>44</sup> Head: Cabeza. Web: Alma. Flat Bottom: Patín Plano. Bullhead: Doble Champiñón.

Riel de “Doble Champiñón”: Fue utilizado para los primeros ferrocarriles. Su forma es simétrica, lo que permitía que cuando se produjera el desgaste por un lado, se removía y colocado por el otro lado.

Tipos de Rieles:

- Riel ligero: Su peso no excede de los 40 kg por metro lineal. Usado en líneas por las que circulan trenes que transportan cargas ligeras y cuya velocidad no es alta. Por ejemplo, en los ferrocarriles mineros o los tranvías. Mucho más utilizado antiguamente para vías secundarias.
- Riel pesado: Su peso está entre los 40 y los 60 kg por metro lineal. Se utilizan cuando aumentan los requerimientos de velocidad, seguridad y carga máxima a transportar. Principalmente se emplea en ferrocarriles de mercancías o pasajeros, metropolitanos y en líneas de alta velocidad. Las exigencias de los trenes actuales hacen que sea casi obligatorio su uso.

El riel más cotizado es el UIC60, de 60 kg por metro lineal, que es, el tipo más pesado de Europa. En cambio en Chile, el riel utilizado más pesado es el tipo K, de 58 kg por metro, 2 mm más alto que el UIC60. (Ver Tabla 4).

Tabla 6.- Características Rieles Europeos Estandarizados.

TIPO	DIMENSIONES (mm)				PESO (kg/m)	LARGO (m)
	Cabeza	Alto	Patín	Alma		
UIC 50	70	152	125	15	50,46	12 a 25
UIC 54	70	159	140	16	54,43	12 a 25
UIC 60	74,3	172	150	16.5	60,21	12 a 25

### Mantenimiento de Rieles.

- Cambio de Riel Normal:** Realizado cuando existe un número de rieles que se encuentran en mal estado y otros aún pueden seguir siendo utilizados.
- Cambio del Riel Soldado:** Se realiza cuando ha transcurrido cierto tiempo de uso del riel normal (densidad de tráfico). Realizado regularmente en vías de alta velocidad y permite que el trabajo de mantenimiento se disminuya en un 33%, en comparación de las vías que utilizan rieles normales producto de la menor cantidad de juntas.

### 5.1.2.- Durmientes.

Base en la cual se apoyan los rieles Entre ambos durmientes el riel forma una viga y esta es la razón por la cual la cantidad de durmientes modifica la carga que soporta una vía, al igual que las dimensiones del riel.

La distribución de los durmientes en la vía depende de su tamaño y la intensidad de tránsito que tendrá la misma. Usualmente se colocan a una distancia máxima de 45 cm.

Como ya fue mencionado, los materiales que sean utilizados para un durmiente pueden ser madera impregnada, metal u hormigón, siendo este último el que actualmente satisface las exigencias de carga y de mantenimiento hoy requeridas.

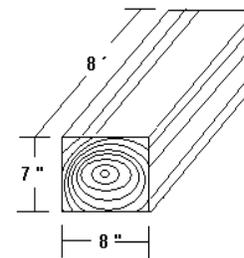
Madera Impregnada: El más barato entre ambas opciones. Aunque su vida útil es la más corta. No apto para vías de alta velocidad.

Existen diferentes estudios para determinar los factores que afectan a los durmientes de madera. Tres son los principales resultados de estos estudios:

1. Incrementar el conocimiento científico acerca de la pudrición de la madera.
2. Desarrollar procesos definidos para tratar químicamente los durmientes con la finalidad de evitar su pudrición y alargar su vida útil.
3. Placas para durmientes y otros medios de sujeción diseñados para usarse entre la base, el riel y el durmiente que retarden el desgaste mecánico del durmiente debido al carril.



Foto 65.-Durmiente de Madera impregnada.



**DIMENSIONES DEL DURMIENTE**

Foto 64.-Dimensiones Durmiente de Madera en Chile.

Metal: Utilizado cuando la vía está sometida a condiciones climáticas extremas y a cargas elevadas (ferrocarril trasandino Los Andes-Mendoza), su empleo es cada vez menos frecuente.

Ian Mc Phee



*Foto 66.-Durmiente de Metal.*

Hormigón: Material más adecuado para la fabricación de durmientes. Su larga vida útil hace que sea rentable, a pesar de su alto costo. Es de gran peso, por lo que es idóneo para el empleo con rieles soldados y por consiguiente para vías de alta velocidad.

Existen dos tipos de durmientes de hormigón:

1. Monoblock: Una única barra de hormigón (como el utilizado en Chile), se usa principalmente en vías antiguas que por mantención, son renovadas.
2. Biblock: Dos durmientes cortos unidos por una barra de acero, su utilización es preferentemente en vías nuevas.



*Foto 67.-Durmientes de Hormigón. Biblock y Monoblock.*

### **5.1.3.- Placas para Durmientes. Fijación riel-durmiente.**

Una placa de asiento bien diseñada y bien colocada en el durmiente es primordial para evitar el desgaste que ocasiona la acción del riel. Se fabrican de espesores de un mínimo de 1/2" y un máximo de 5/16", dependiendo del peso del riel y el volumen de tránsito a soportar. El ancho promedio es de 7.5" y la longitud de 10 a 14". Existen placas cuadradas o circulares y pueden contar con 4, 6 u 8 agujeros cada una.

Hay dos tipos de placas que son dos formas distintas de sujetar el durmiente. Una deja rígida la unión y la otra sobrepuesta.

- a. Emplea clavos completamente independientes del riel, dejándolos rígidos.
- b. Clavos que sujetan la placa, pero el gancho de su cabeza deja libre el patín del riel en 1/16".

Es indispensable para mantener estable vertical y lateralmente a los rieles, con la trocha<sup>45</sup> continua sin desviaciones, que se transmitan apropiadamente los esfuerzos ejercidos por el material rodante, impidiendo el movimiento longitudinal de los carriles sobre los durmientes, que las fijaciones, cualquiera que éstas sean, de los durmientes con los rieles sean correctamente colocados.

#### 5.1.4.- Balasto.

Se trata de piedra triturada o grava chancada que se coloca sobre la base compactada (terreno) para dar apoyo y estabilidad a los durmientes o traviesas. Su granulometría varía entre 40 y 150 mm. Esta debe permitir un drenaje óptimo de la vía y asegurar estabilidad con un terreno bien graduado.

El balasto mantiene a los durmientes alineados y nivelados, permitiendo drenar las aguas y haciendo posible la renovación de los durmientes, para mantener la vía, sin tocar el lecho. Colocado correctamente y con espesor adecuado, el balasto proporciona un soporte firme para los durmientes y logran distribuirse por igual las cargas recibidas por los trenes.

El material ideal para cumplir con estas funciones es la roca triturada, la piedra caliza, el granito y la lava volcánica, que son las variedades más empleadas. En Chile se especifica como balasto roca triturada de origen basáltico de 3/4" a 2".



Foto 69.-Balasto en vía férrea.



Foto 68.- Trocha. Comparación del ancho internacional (azul) y la vía angosta más común (rojo).

<sup>45</sup> Trocha: Ancho de la vía ferroviaria. Trocha Stephenson es la de estándar internacional, con 1435 mm.

### 5.1.5.- Estudios para Ruta Férrea.

Para determinar una ruta de vía férrea entre dos puntos se deben hacer varios estudios de suelos, geológicos, de estructuras, entre otros. A continuación se detallan dichos estudios con su procedimiento correspondiente.

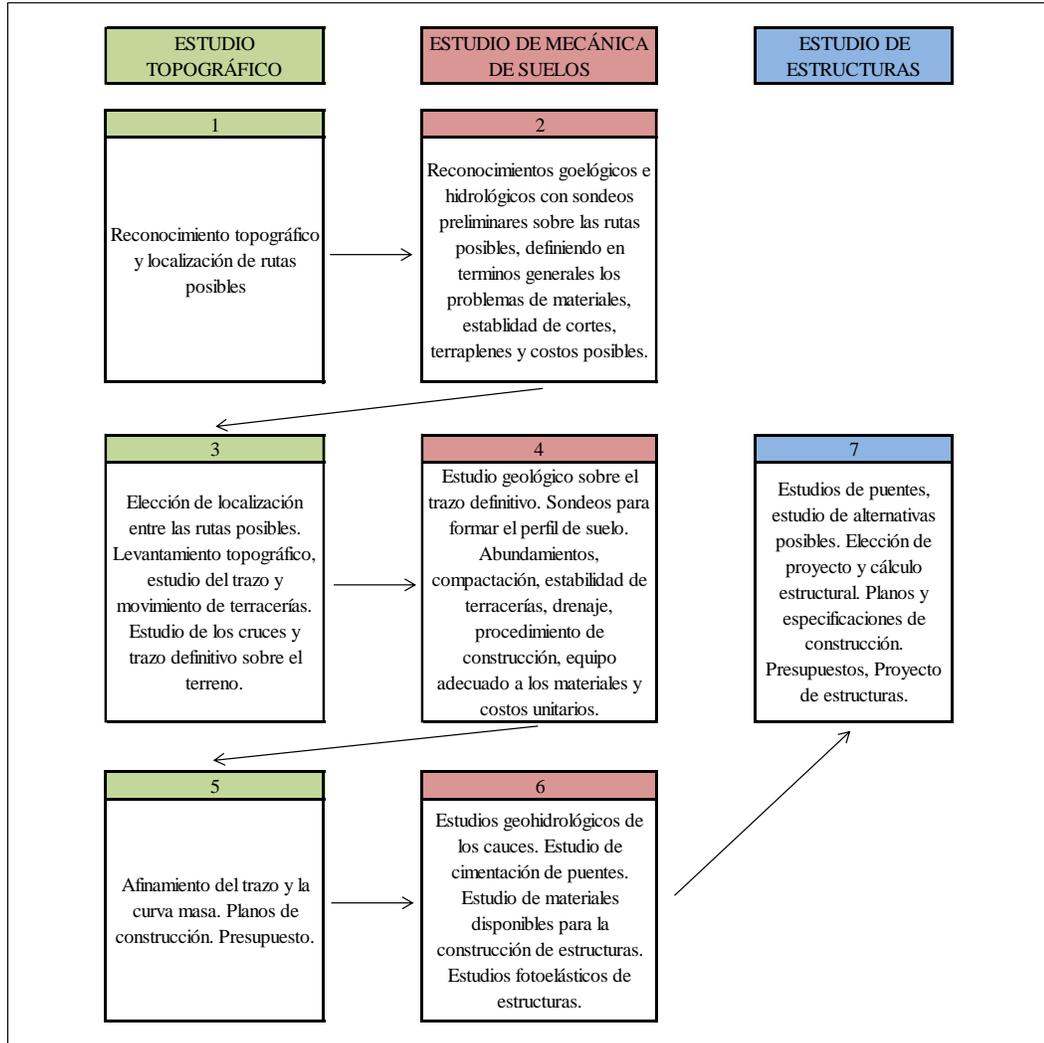


Figura 1.- Estudios para establecer una Ruta Férrea.

Adicional a estos estudios, el impacto ambiental que produce cualquier proyecto también es motivo de estudio. Este ámbito por el bien común, ha adquirido una relevancia determinante y tal es así que se han rechazado proyectos por no cumplir con

<sup>46</sup> Terracería: Conjunto de cortes y terraplenes que conforman un camino no pavimentado.

los requisitos necesarios. Es este paso previo a la aprobación del proyecto que se ha postergado nuevamente (primera vez con esta justificación) la construcción del ferrocarril que unirá Santiago con Melipilla. Se considera indispensable contar con este estudio aprobado para conocer los posibles daños que se generarán con una obra determinada y las tareas que se ejecutarán para poder mitigar esos daños.

## 5.2.- Obras de Arte.<sup>47</sup>

La normativa importada y adaptada para su aplicación en Chile, con las recomendaciones para construir vías férreas es la estadounidense ANEMA<sup>48</sup>. Por otra parte, el material rodante ha sido históricamente importado desde Europa, por lo que las solicitudes que se presentan en este proyecto deben considerar dichas variables.

La información expresada a en el presente capítulo está relacionado con documentos realizados por el SECTRA<sup>49</sup> (en cursiva), con su publicación de 2003 de la REDEFE, (Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria) manual que considera las características propias de la red ferroviaria chilena e incorpora técnicas modernas de diseño, tanto en lo que se refiere a nueva infraestructura como al mejoramiento de las líneas existentes.

*“El manual tiene por objetivo sugerir a los ingenieros encargados del diseño de obras ferroviarias la aplicación de prácticas probadas en Chile y en el extranjero, de manera de obtener sistemas más eficientes, seguros y económicos, y que a la vez no limiten el mejoramiento futuro de la infraestructura ferroviaria, que se encuentra en rápida evolución.”*(SECTRA. Metodologías y Herramientas de Análisis de Sistema de Transporte).

Se establecerán parámetros básicos necesarios para el diseño y cálculo de las obras de arte ferroviarias considerando la tradición en EFE y variadas normas aprobadas en el cálculo de estructuras con conceptos específicos aplicados a vías férreas y ferrocarriles.

### 5.2.1.- Carga Viva o Tren Tipo de Cálculo.

*El tren tipo de cálculo es un tren ficticio de cargas, que debe tener la característica de producir, en cualquier luz de cálculo, momentos máximos superiores a los momentos que se produzcan con cualquier tren real de la red ferroviaria. En los inicios de la red*

---

<sup>47</sup>Obra de Arte: Toda estructura que sirva para sortear un obstáculo, natural o artificial, que se interponga a la continuidad de las vías férreas y que debe ser calculada para soportar el tráfico de trenes.

<sup>48</sup> ANEMA: American Railway Engineering and Maintenance of Way Association. / Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria y Mantenimiento de Vía.

<sup>49</sup> SECTRA: Secretaría de Planificación de Transporte.

Ian Mc Phee

ferroviaria chilena, se utilizaron cargas uniformemente repartidas para el cálculo de los puentes; sin embargo ya a comienzos del siglo 20 se empezaron a aplicar los Trenes Tipo de la norma alemana DIN, como fueron los trenes tipo G, E y N. Actualmente quedan algunos puentes en la red de EFE calculados con el tren N, los cuales no ha sido necesario reforzar para soportar las mayores cargas actuales, debido a que los esfuerzos máximos considerados con este Tren Tipo son mayores que los producidos por el Tren Tipo C de EFE, que es el que presenta las mayores solicitaciones. Ejemplo de este caso es el puente Renaico, en el Km 550,690 de la Línea Central Sur.

En EFE existen diversos trenes tipo, señalados en la “Norma Técnica Para el Cálculo de Puentes Metálicos” del año 1947. De estos trenes tipo, el que presenta mayores solicitaciones, traducidas principalmente en su peso por eje, es el Tren Tipo C, equivalente a un tren oficializado por Decreto Supremo en el año 1907 aumentado en un 50 %. Su esquema de cargas es el siguiente:

**TREN TIPO C**

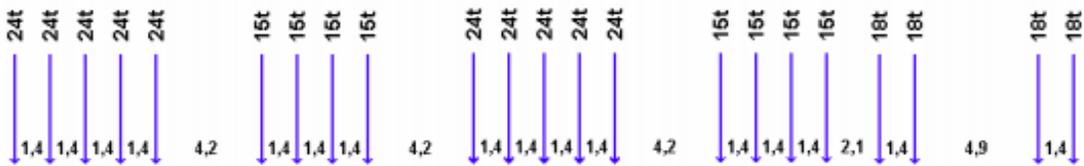


Figura 2

Este tren tipo es el que se utiliza actualmente en EFE debido a que la mayoría de los refuerzos de los antiguos puentes se calcularon para este tren. También en la norma citada se recomienda usar este Tren Tipo C aumentado en 20 %, para el cálculo de obras con luces iguales o menores a 4 metros, es decir en obras menores, vigas longuerinas<sup>50</sup> y longuerinas-consolas. Las tablas para encontrar los momentos de flexión y esfuerzos de corte máximos para distintas luces de tramos simplemente apoyados, cargados con el tren tipo C, se encuentran en la norma EFE citada anteriormente.

Sin embargo, en los nuevos proyectos de puentes, mayores y menores, se recomienda utilizar el Tren Tipo Cooper E 80 (80.000 libras/eje) de la Norma AREMA de los Estados Unidos, el que presenta solicitaciones considerablemente mayores que el Tren Tipo C. Esta recomendación se basa en la tendencia mundial de aumentar la capacidad

<sup>50</sup> Longuerinas: Vigas longitudinales, generalmente ubicadas debajo de los rieles, por lo que reciben directamente el peso por rueda del tren.

de carga de los carros y el tamaño de las locomotoras, con pesos brutos que producen cargas cercanas a las 40 toneladas por eje.

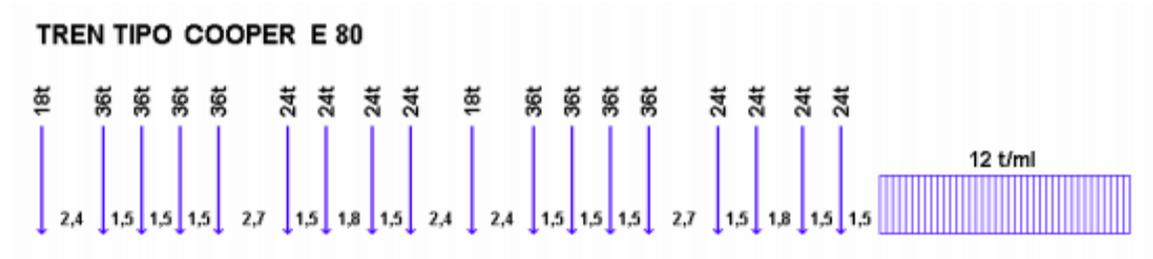


Figura 3

En el caso de puentes con tablero<sup>51</sup> lleno de hormigón armado, se puede diseñar con una carga repartida equivalente al momento máximo correspondiente a la luz de diseño simplemente apoyada:

$$Q_{EQ} = \frac{8M_{MAX} \times \varphi}{L^2}$$

En que:

- $Q_{EQ}$  = Carga repartida equivalente.
- $M_{MAX}$  = Momento máximo.
- $\varphi$  = Coeficiente dinámico.
- $L$  = Luz del tramo.

### 5.2.2.- Coeficiente Dinámico o Impacto. ( $\varphi$ )

Este coeficiente es el que mayor la carga viva para considerar los esfuerzos adicionales de origen dinámico.

Actualmente, siguen vigentes en EFE los coeficientes tabulados en la “Norma Técnica Para el Cálculo de Puentes Metálicos” dados por las siguientes fórmulas:

Puentes con durmientes sobre vigas:

$$\varphi = 1,19 + \frac{21}{L + 46}$$

Puentes con tablero lleno:

<sup>51</sup> Tablero: Carpeta de rodado de un tren por un puente, que consta, generalmente, de travesaños, longuerinas, durmientes y rieles.

Ian Mc Phee

$$\varphi = 1,11 + \frac{56}{L + 144}$$

*En la nueva norma de EFE para el cálculo de puentes, en proceso de oficialización, se recomienda el uso de la fórmula de las normas internacionales UIC, debido a que los equipos actuales en vías soldadas, no producen los impactos que se consideraban con las antiguas locomotoras a vapor y con vía eclisada<sup>52</sup>. La Norma UIC establece que:*

$$\varphi = \frac{1,44}{\sqrt{L} - 0,2} + 0,82$$

*De esta última fórmula es posible deducir los siguientes valores de aplicación práctica:*

- Para luces de 0 a 9 m:  $\varphi = 1,53$
- Para luces de 10 a 60 m:  $\varphi = 1,30$
- Para luces mayores de 61 m:  $\varphi = 1,05$

### **5.2.3.- Consideración de la Velocidad.**

*Como puede observarse en las fórmulas del coeficiente dinámico, la velocidad no está directamente involucrada en el diseño de los puentes para ferrocarriles.*

*Tradicionalmente se ha subentendido una velocidad máxima de los trenes entre 120 y 140 km/h y, cuando las deflexiones y/o vibraciones de los puentes han superado los valores esperados considerados seguros, se ha reducido las velocidades máximas de circulación en los puentes.*

*Como este problema pasa por una inspección subjetiva, es que no ha sido normado por los ferrocarriles chilenos; además, las normas extranjeras se refieren a estructuras que tienen un seguimiento permanente del mantenimiento, tanto del estado físico del puente como de parámetros dinámicos, por ejemplo, la flecha dinámica.*

*Las normas de los ferrocarriles japoneses, JNR, establecen la siguiente relación  $\beta$  entre la capacidad actual de un puente y su capacidad original y de ella establecen la velocidad a la que deben circular los móviles por él:*

$$\beta = \frac{\sigma_{adm} \times \gamma - \sigma_{pp}}{\sigma_{(sg+\varphi)}}$$

*En que:*

---

<sup>52</sup> Vía Eclisada: Junta que permite la dilatación de la vía producto de la temperatura.

Ian Mc Phee

- $\sigma_{adm}$  = Fatiga admisible de mantenimiento =  $1,25 \sigma$  diseño.
- $\gamma$  = Razón entre el área actual, según el mantenimiento que haya tenido la estructura, y el área original, por ej. si el deterioro se considera de un 5%,  $\gamma = 95/100 = 0,95$ .
- $\varphi$  = Coeficiente dinámico.
- $\sigma_{pp}$  = Fatiga producida por el peso propio, o carga muerta.
- $\sigma_{(sg+\varphi)}$  = Fatiga producida por la carga dinámica viva.

$\beta > 1$  para el  $\phi$  de cálculo.

$\beta = 1$  para el  $\phi$  mínimo aceptable.

$\beta < 1$  factor de seguridad 0.

*La Norma UIC 776-1 señala una mayoración dinámica en función de la velocidad, es decir, el aumento de la velocidad original (o velocidad aceptada hasta el momento del cálculo) según el estado de la vía del puente.*

Si la vía está en medianas condiciones, se mayorará con  $1 + \varphi' + \varphi''$ .

Si la vía está en muy buen estado, se mayorará con  $1 + \varphi' + 0,5\varphi''$ .

*Estos coeficientes están definidos en dicha norma y se relacionan con la frecuencia propia del puente, la que se calcula según la siguiente expresión:*

$$\eta = \frac{5,6}{\sqrt{f_0}} [\text{Hz}]$$

Donde:

- $f_0$  = Flecha de peso propio en cm.
- $\varphi' = K / (1 - K + K^4)$ ;  $K = v / (2 \eta L)$ .
- $\varphi'' = a / 100 [56 e^{-L^2/100} + 50 (\eta L / 80 - 1) e^{-L^2/400}]$ .

$v$  = Velocidad en m/seg.

$L$  = Luz del puente en metros.

$e$  = Base de logaritmos naturales = 2,71828...

$a = v/22$  para velocidades hasta 22 m/seg ( $\approx 80$  km/h).

$a = 1$  para velocidades superiores a 22 m/seg.

Ian Mc Phee

*Como se puede observar, las normas extranjeras citadas corresponden a situaciones de mantenimiento sistemático y conocimiento de estadísticas que en nuestro país prácticamente no existen.*

*Por lo tanto, para efectos prácticos en EFE se ha establecido que los puentes existentes, con su vía en buen estado de fijación y sujeción y con la flecha admisible, si son de vía inferior pueden aceptar hasta 140 km/h, y si son de vía superior y luces mayores a 20 m (más inestables lateralmente), pueden aceptar hasta 100 km/h.*

*Para los nuevos puentes, se recomienda aplicar la norma UIC 776-2, donde se establecen las deflexiones máximas para puentes de alta velocidad y muy alta velocidad, según las siguientes definiciones:*

- A. Alta velocidad  $120 < V < 200$  km/h.
- B. Muy alta velocidad  $V > 200$  km/h.

#### **5.2.4.- Flecha y Contraflecha.**

*En EFE, tradicionalmente se ha utilizado las siguientes flechas admisibles:*

- A. Para los tramos metálicos  $L/900$ .
- B. Para vigas y tableros llenos de hormigón armado  $L/800$ .

*La flecha se calcula para el momento de peso propio y para el momento máximo de carga viva sin impacto.*

*En vigas de alma llena se recomienda usar la fórmula:*

$$\Delta = \frac{5ML^2}{48EI}$$

*Y, en casos de vigas compuestas simplemente apoyadas, con momento de inercia variable, se puede usar:*

$$\Delta = \frac{5,5ML^2}{48EI}$$

*M representa el Momento de Flexión, e I el Momento de Inercia, calculados en el centro de la viga.*

*Generalmente, en los puentes ferroviarios se usa como contraflecha de construcción la equivalente a la flecha por peso propio y, para luces menores a 20 m, se usa una*

*contraflecha igual a 0; en puentes mayores a 50 m se calcula la contraflecha con la flecha de peso propio más ¼ de flecha por carga móvil.*

#### **5.2.5.- Fuerza Longitudinal en el Freno.**

*El antiguo Reglamento Alemán establecía una fuerza de frenaje (cambios bruscos de velocidad), transmitida por el contacto rueda-riel hasta los apoyos de los tramos, equivalente a 1/7 de la carga máxima del tren tipo sobre la luz, sin impacto. Esta carga longitudinal prácticamente la toma completa el apoyo fijo, y, aunque dicho Reglamento aceptaba una distribución de 2/3 en los apoyos fijos y 1/3 en los apoyos móviles, el ingeniero calculista deberá hacer las consideraciones correspondientes al tipo de material que se usará en cada caso.*

*En el caso de utilizar placas de neopreno, se puede distribuir el frenaje por igual en ambos apoyos.*

*Esta fuerza aparece en las normas UIC y en las japonesas, no así en las americanas AREMA, sin embargo en Chile siempre se ha usado, y por los evidentes buenos resultados en el cálculo de los puentes ferroviarios es que se recomienda su uso para verificar la estabilidad de la infraestructura, es decir en estribos actuando junto a los empujes de tierra, y en cepas cuando se ponen apoyos fijos.*

#### **5.2.6.- Empuje de Tierras.**

*Tradicionalmente en EFE, al no contar con estudios de mecánica de suelos, al coeficiente de empuje activo por el peso específico de la tierra se le daba el valor de 0,6 [ton/m<sup>3</sup>], valor bastante mayor que el que resulta de usar los datos que se obtienen de los ensayos del terreno.*

*Esto es favorable para la seguridad del cálculo, pero encarece las obras, por lo que, dentro de lo posible, se deben considerar los coeficientes de empuje activo, pasivo y sísmico dados por los estudios de mecánica de suelos.*

*Además, debe considerarse el empuje producido por la carga móvil, sin impacto, sobre el estribo. Esta carga debe sustituirse por una capa de tierra equivalente determinada por la siguiente fórmula:*

$$h_{eq} = \frac{C_j}{d_j \times a \times P}$$

*En que:*

- $h_{eq}$  = Altura equivalente de tierra.

Ian Mc Phee

- $C_j$ = Peso por eje del tren.
- $d_j$ = Distancia entre ejes a es el ancho de distribución de la carga.
- $P$ = Peso específico de la tierra.

Se considera ancho de distribución de la carga al largo del durmiente más 2 veces la altura del chancado bajo el durmiente por la tangente de 30°. Por lo tanto, el largo de distribución en el caso de la trocha ancha, es de  $(2,75 + 0,35)$  m; y bajo durmientes de trocha angosta, es de  $(1,8 + 0,35)$  m.

Para el peso específico de la tierra se utiliza normalmente  $1,8 \text{ ton/m}^3$ , salvo que la mecánica de suelos diga otra cosa.

Por lo tanto, en trocha ancha, para un Tren Tipo C (24 ton/eje con 1,35 de impacto) puede usarse  $h_{eq} = 4,2$  m.

Esta altura equivalente significa un mayor empuje en los estribos debido a la altura de tierras, sin embargo, se contrarresta con la fuerza resistente que significa poner esta altura en la zapata de los estribos.

### 5.2.7.- Apoyos.

Los apoyos tradicionales para los puentes ferroviarios de vigas de acero, son de fierro fundido con un  $\sigma_{adm} = 5.000 \text{ kg/cm}^2$ . En la actualidad se utiliza apoyos de acero A 37 fundido con  $\sigma_{adm} = 6.500 \text{ kg/cm}^2$ . Estos apoyos tienen una línea o un punto como superficie de contacto y se calculan según la fórmula de Hertz:

$$\sigma = 0,423 \sqrt{\frac{E \times A}{b \times R}}$$

Donde:

- $E$ = Módulo de elasticidad en  $\text{ton/cm}^2$ .
- $A$ = Reacción en ton.
- $b$ = Largo de la rótula o rodillo en cm.
- $R$ = Radio de la rótula o rodillo en cm.

Estos apoyos se recomiendan para luces mayores a 20 m; para luces entre 20 m y 10 m se usan las placas metálicas; la superior lisa y la inferior convexa, para permitir el giro. Para luces menores a 10 m se usan placas lisas. En la actualidad, para luces mayores a 20 m se están usando apoyos importados similares a los del plano tipo, pero con placas

*metálicas de acero inoxidable y superficies en contacto de teflón (Cernoflón), y para luces menores a 20 m, las placas reforzadas de neopreno (Norma UIC 772-2).*

### **5.2.8.- Fuerza Centrífuga.**

*Entre los puentes existentes, hay algunos con la vía en curva. La fuerza centrífuga que se produce está dada por la fórmula que considera el esfuerzo vertical, la velocidad y el radio de la curva, y se aplica a 2 m sobre el borde superior del riel:*

$$H_g = \frac{P \times \varphi \times V^2}{127R}$$

*Donde:*

- V= Velocidad máxima del sector en km/h.
- P= Peso por eje/m.
- $\varphi$ = Coeficiente dinámico.
- R= Radio de la curva en m.

*En esta fórmula, se puede observar por el factor  $V^2/127R$  que para mantener una fuerza lateral controlable, para mayores velocidades, mayores deben ser los radios de curva.*

*Para cargar aproximadamente igual a ambas vigas principales, se debe tomar en cuenta en los puentes de vía inferior, que el punto medio del eje del puente se encuentre al interior, en una distancia igual al tercio de la flecha del arco del eje de la vía.*

*En los puentes de vía superior se colocará la vía en curva de manera tal que ambas vigas trabajen de la misma forma. Las vigas principales deberán calcularse ambas para el mayor esfuerzo.*

### **5.2.9.- Presión de Viento.**

*Tradicionalmente, se ha tomado los valores indicados en el antiguo Reglamento Alemán, es decir 150 kg/m<sup>2</sup> para puentes cargados y 250 kg/m<sup>2</sup> para puentes descargados. En Chile, debido al clima más benigno que el europeo, se puede realizar la verificación de la resistencia del puente a este esfuerzo lateral, considerando una presión de 150 kg/m<sup>2</sup> sobre la superficie del tren vacío, de 3,5 m de altura sobre los rieles y sobre la correspondiente superficie de puente, ya sea de alma llena o reticulado.*

### **5.2.10.-Choque Lateral.**

*Los trenes al desplazarse sobre los rieles producen un esfuerzo lateral, llamado choque lateral o efecto de lazo (lacet), que se ha considerado habitualmente en 6 toneladas, horizontales a la cabeza del riel, independientemente de la carga vertical existente. Esta*

Ian Mc Phee

*carga debe usarse para calcular los arriostramientos de las vigas principales, junto a los esfuerzos producidos por el viento.*

*Se debe considerar esta fuerza de 6 toneladas en un solo riel, en las dos direcciones, hacia el interior y el exterior de la vía férrea.*

#### **5.2.11.- Tableros Abiertos.**

*El tablero abierto, compuesto de travesaños y longuerinas, debe calcularse lo más rígido posible. Para ello se calculan las uniones a las vigas principales y a los travesaños respectivamente, con las cargas del Tren Tipo aumentadas en un 20 %.*

*Las longuerinas deben tener continuidad en los travesaños, para lo cual se calculan con el 80 % del momento máximo de la viga simplemente apoyada cargada con el tren tipo más el 20%, y en la unión a los travesaños, se calcula la placa de continuidad con el 75 % de dicho momento máximo.*

*Además, debe dársele mayor rigidez vertical a las contraventaciones, uniendo el plano de las longuerinas con el plano de los arriostramientos de las vigas principales.*

*En tableros para doble vía, debe suponerse la carga de tren en ambas vías y en el mismo sentido.*

#### **5.2.12.- Esfuerzo Sísmico.**

*El esfuerzo sísmico debe considerarse en el cálculo de los apoyos y en la verificación de la infraestructura, como una fuerza horizontal correspondiente a un porcentaje de todas las fuerzas verticales.*

$$H_{sis} = C \times N$$

*En que:*

- C= factor desplazamiento lateral.

*Tradicionalmente, se ha estimado el factor de desplazamiento lateral en 0,20. Sin embargo, según los estudios de estabilidad de los suelos y las zonas del país puede adoptarse valores menores, pero no se recomienda bajar de 0,15.*

#### **5.2.13.- Puentes con Tablero para Vía Múltiple.**

*En el caso de diseño de tablero para vías múltiples, la sobrecarga móvil se considera como sigue:*

- En doble vía el 100% en cada una.

Ian Mc Phee

- Con 3 vías la 3ª vía cargada en 75 %.
- En la 4ª y más vías la 4ª vía cargada en 50 %.

*Por lo tanto, el máximo de trenes simultáneos en vías múltiples, es de 3,25.*

#### **5.2.14.- Efecto Térmico.**

*Este efecto se considera en los puentes metálicos de más de 50 m de largo y en los apoyos, para verificar los desplazamientos máximos por cambios de temperatura.*

*Para el estudio de los efectos térmicos en nuestro país, se consideran temperaturas extremas de -15° C y +35° C, y temperaturas promedio de 25 a 30 ° C.*

*Los coeficientes de dilatación más usados son:*

- Acero estructural=  $1,2 \times 10^{-5}$ .
- Hormigón=  $1,0 \times 10^{-5}$ .
- Neopreno=  $1,43 \times 10^{-5}$ .

### **5.3.- Construcción: Procedimientos de Obra.**

#### **5.3.1.- Preparación del Terreno.**

El primer paso es quitar toda la capa vegetal existente por donde pasará la vía y posteriormente, se remueve la capa de suelo con materia orgánica presente. A estas tareas se les denomina desmonte y despalme respectivamente.

Luego, basándose en los estudios de mecánica de suelos, se excava lo necesario hasta alcanzar un suelo apropiado y capaz de soportar las cargas a las que será sometido. Al llegar a esa profundidad se escarifica<sup>53</sup> el estrato encontrado y se compacta a un 95% de su peso volumétrico seco máximo, prueba proctor modificado<sup>54</sup>.

Para representar gráficamente lo explicado, un terreno y sus capas descritas como A, B, C y D con sus transiciones sin alteración de ningún tipo en la Foto 37.

---

<sup>53</sup> Escarificar: Uniformizar la composición del suelo, para que de esta forma su compactación sea más eficiente.

<sup>54</sup> Prueba Proctor Modificado: Con esta prueba es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

Ian Mc Phee

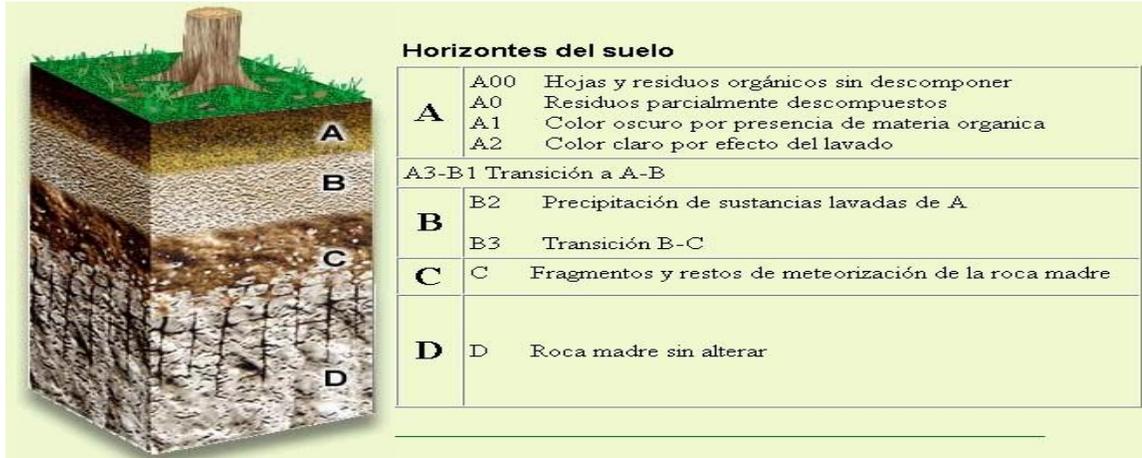
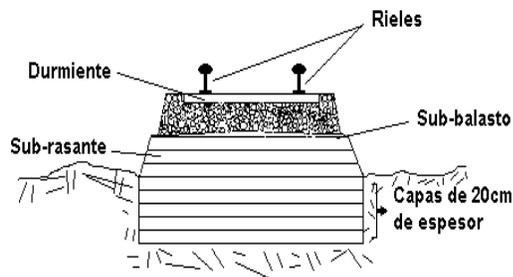


Foto 70.-Estratos de terreno sin alteración.

Concluida la parte anterior, se continua realizando la formación de terraplén en capas de 20 cms. de espesor y compactadas con las especificaciones anteriormente explicadas, hasta llegar al nivel de subrasante (de la subrasante empieza la superestructura).

Se coloca la capa de sub-balasto (previa al balasto), con un espesor mínimo de 8" y una compactación del 100% de su peso volumétrico seco máximo en la prueba proctor modificado, para luego colocar el balasto sobre el sub-balasto.

Para graficar, un perfil de una vía ferroviaria en el siguiente bosquejo:



Perfil de la vía ferroviaria

Foto 71.- Perfil de vía ferroviaria.

Para completar la información, se entregan datos relevantes a considerar sobre especificaciones que se deben cumplir para garantizar el buen funcionamiento y servicio ferroviario, calidad en la construcción y seguridad a sus usuarios.

- Pendiente máxima utilizada del -2% o bien +2%, según sea el caso.

Ian Mc Phee

- Radio de curvatura máximo recomendado es del 10%, pero puede llegar a utilizarse como máximo el 8%.
- El espesor de la capa de balastro es de 30 cms. medido de la parte superior del bombeo del terraplén a la base del durmiente.
- El peralte<sup>55</sup> del durmiente es de 20 cms.
- El calibre del riel a emplear será de 100, 112,3 lbs/yda o mayor, nuevo o usado. Para transporte de químicos y metales se usa 112,3 y 115 lbs.
- Se empleará durmientes de madera nuevos o usados en buen estado. La cantidad de clavos o tirafondos será de 6 por durmiente en las tangentes y de 8 en las curvas.

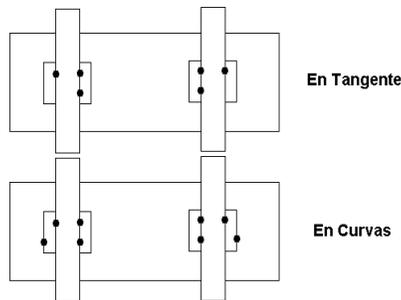


Foto 72.-Fijaciones de durmientes en tangentes y curvas.

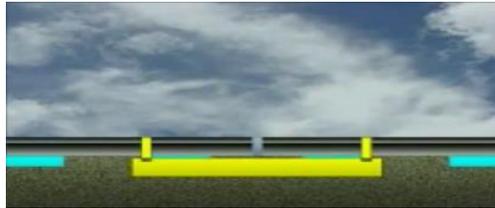
- Distancias menores de 2,50 metros del eje de la vía a cualquier construcción, no son admisibles. Exceptuando a un muelle de descarga.
- La sección de balastro en la base de la corona será de 4,56 metros y en el ancho de la corona de 6,60 metros. De esta manera, debajo del durmiente de 12”, se debe observar un espesor mínimo.
- Para que dos pendientes puedan quedar enlazadas por curvas parabólicas verticales, es necesario que la diferencia algebraica de pendientes sea mayor de 0,5%.
- La separación mínima entre dos curvas verticales debe ser de 20 metros, y estas no se podrán sobreponer directamente.
- La longitud de la curva es determinada por la diferencia algebraica de pendientes dividida entre la variación permitida.

<sup>55</sup> Peralte: Diferencia en la elevación de la parte exterior y la interior de una curva, en una carretera o vía y/o espacio que en la altura de un arco o de una bóveda sobrepasa del semicírculo.

### 5.3.2.- Soldaduras de Rieles.

Para lograr construir una vía férrea que permita una buena circulación de trenes de velocidades considerables, es necesario hacer que los carriles o rieles se encuentren continuos y parejos. Según este fin, se deben soldar todos los extremos de todos los rieles y un procedimiento para lograrlo es la soldadura Aluminotermica de rieles:

- Verificar que ambos carriles estén alineados correctamente sobre el durmiente. En el caso de que no lo estén, se debe montar una mesa de ajuste y que mediante esfuerzos de tornillos, obligan al riel a posicionarse alineadamente con el otro. Es necesario comprobar su correcta postura. Junto con esto, determinar la magnitud del espacio a rellenar o soldar.



*Foto 73.-Nivelación de rieles.*

- Se procede a montar el molde que cubrirá la junta en su totalidad y contendrá el material hasta su enfriamiento. Se compone de dos partes que cubren el riel y un marco metálico que ayudará a resistir posibles esfuerzos.



*Foto 74.-Molde de soldadura Aluminotermica.*

- Se sella el molde para evitar posibles fugas del material fundido y luego se coloca un recipiente que recibirá el excedente de dicho material.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee



*Foto 75.- Colocación caldero de soldadura Aluminotermica.*

- En un caldero que quedará precisamente colocado para dirigir correctamente la mezcla, se vierte el material compuesto por óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), aluminio (Al) y carbono (C) que producirá el acero.



*Foto 76.-Fundición para soldadura Aluminotermica.*

- Se enciende la mezcla con un fósforo que al interior del caldero, alcanzará aproximadamente los  $1000^\circ \text{C}$ . Una vez fundido el material, se rellena el espacio entre los rieles imperfectamente.
- Se debe esperar que se enfríe el material para comenzar con el retiro del molde rompiéndolo (su utilización es única). Es necesario, con una máquina cortadora y golpes con un combo, para sacar el excedente de material. Una vez sacado el molde, se espera su completo enfriamiento para, con una máquina pulidora y mucha precaución, dejar la junta continua y pareja entre los rieles.



*Foto 77.-Pulidora de rieles, posterior a soldadura Aluminotermica.*

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

Esa es una de las formas de soldar carriles con menos automatización en su proceso, ya que se debe repetir este ejercicio en todos los extremos de los rieles, pero no es la única manera, existe también la soldadura por arco eléctrico.

Conocido también como “chisporroteo”, se trata mediante la unión de rieles elementales, montar rieles de longitudes mayores y soldándolos a través de un camión soldador, ya sea en la ubicación definitiva de la vía férrea, o que posterior a su soldadura, sean transportados por trenes especiales para dicha tarea.



*Foto 78.-Camión Soldador. Soldando rieles en campo mediante chisporroteo.*

### **5.3.3.- Maquinaria Utilizada en Construcción y Mantenimiento de una Vía.**

Para lograr cumplir cualitativamente con la construcción de un proyecto ferroviario que pretende reducir tiempos de viajes y sentar un precedente para la masificación de dicho producto y servicio, son muy relevantes la precisión y la velocidad con las que se llevan a cabo los procesos constructivos que involucren maquinaria especializada y mano de obra calificada que la maneje, para ejecutar las distintas tareas a realizar. Lógicamente, es el presupuesto con el que se cuenta el que determina los tipos de maquinarias asequibles para la faena en su totalidad. Es importante también considerar que debe llevarse a cabo un mantenimiento de la vía y una renovación periódica de las piezas que la componen.

#### **➤ Movimiento de Tierras.**

Las obras que se requieren de preparación del terreno para el montaje de una vía es similar al de un camino o carretera, por lo que las maquinarias utilizadas son de conocimiento y uso común para este tipo de obras civiles. Dependiendo siempre del tipo de suelo y de las solicitudes que éste pueda presentar.

Las máquinas necesarias siempre utilizadas para la preparación de terreno son:

- Retroexcavadora.
- Tractor con Hoja Empujadora.
- Motoniveladora.
- Mototraílla.

#### **➤ Montaje y Mantenimiento Vía Férrea.**

Este proceso puede ser realizado manualmente colocando y controlando cada pieza que compondrá la línea del ferrocarril, que es la forma habitual de construcción de vías férreas en Sudamérica. Sin embargo, como el nivel de precisión y velocidad de construcción son esenciales para las exigencias actuales de disminuir plazos, la tecnología y la mecanización de estos pasos constructivos que son los mismos para todas las vías férreas, han permitido diseñar máquinas que ejecutan las tareas mecánicas del montaje de una vía, así como existen otras que renuevan las piezas y especialistas en mantenimiento de las mismas. Lógicamente, para montar una línea ferroviaria mecánicamente se necesita un nivel de terreno terminado y apropiado a las exigencias a las que será sometido, además de rieles correctamente colocados para que la máquina de gran peso, pueda cumplir su función de retirar y montar los elementos.

Ian Mc Phee

De forma manual la construcción de 1 km. de vía se requiere de cientos de trabajadores y un tiempo aproximado de 10 días, en cambio mecánicamente se es posible montar en un día hasta 10 km., con máquinas cargadoras de vías capaces de colocar 300 metros en solo 4 horas de trabajo. La mecanización de los trabajos permite tener todos los materiales necesarios acopiados incluso antes de que se comience la construcción y por consiguiente, aumenta significativamente la calidad de la vía.

- **RU 800S:** La compañía Plasser & Theurer creó en 2005 esta máquina de 177 metros de largo y 692 toneladas de peso, capaz de retirar los antiguos rieles y al mismo tiempo acarrear todos los materiales necesarios para colocación de nuevas vías ferroviarias. Entre sus principales faenas realizadas están los, ferrocarriles metropolitanos, industriales y mineros.



*Foto 79.-RU 88S.*

Esta forma de construir vías férreas no es la más económica, pero si es la más eficiente, (relación costo-beneficio) aun así pensar que esta puede ser una manera viable de construir líneas de tren en Chile es cuestionable a lo menos, ya que requiere de expertos conocedores y controladores en todo momento de todo lo que la máquina realiza, que obviamente debe ser importado. Adicionalmente, se minimiza sustancialmente la mano de obra, factor que no necesariamente resulta positivo para el proyecto de tren de cercanía Alameda-Melipilla, considerando el contexto económico nacional en el cual se trata disminuir el desempleo significativamente. Un proyecto tan relevante en términos socioeconómicos requiere de un apoyo amplio de parte de todos los involucrados y con esto, verán mermadas sus aspiraciones al no brindar puestos de trabajo. A pesar de esto, si se quiere masificar el uso del ferrocarril en Chile, en algún momento se deben implementar estas tecnologías revolucionarias y que logran niveles de eficiencia insospechados hasta hace unas décadas pasadas.

## El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Existen distintos modelos para la renovación de elementos y mantención de las vías, a continuación, algunas de ellas:

- **SUM Q-3:** Renovación de vía de trabajo continuo con reintegración del balasto a la vía o carga a vagones. Primero levanta el riel, saca los durmientes desgastados, coloca los durmientes nuevos, reintegra el balasto y vuelve a poner el riel en el mismo lugar.



Foto 80.-SUM Q-3. Renovando durmientes de Hormigón Monoblock (2 a la vez).

- **SUZ 500:** Construcción de vía nueva, renovación o desmontaje de la vía por cadena de montaje. La colocación automática precisa de los durmientes, así como el montaje de los rieles nuevos funcionan en un tiempo de trabajo de unas 4 horas logrando casi 1.000 metros de vía colocados.



Foto 81.-SUZ 500.

Ian Mc Phee

- **SVM 1000:** Máquina de trabajo continuo para la colocación de vía nueva. Compacta el balasto para colocar durmiente y posteriormente el carril por encima. Especializada en construcción de una vía nueva.



Foto 82.-SVM 1000. Compactación balasto, colocación durmiente y riel.

Además del montaje de las vías, existen máquinas que realizan trabajos que son igual de relevantes, tales como:

- **Bateadoras:** Actividad incorporada en máquinas de renovación de vías. Al batear se compacta el balasto debajo de la traviesa, creando así un apoyo estable. La vibración dirigida y lineal, combinada con el movimiento de los bates, crea un balasto homogéneamente compactado.

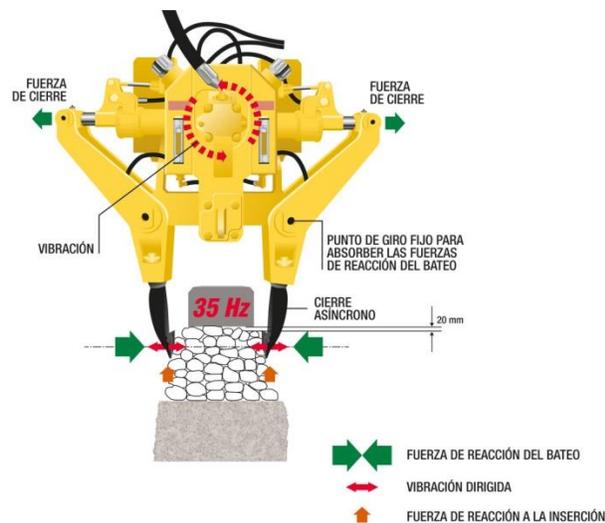


Foto 83.-Bateadora. Descripción de Partes y funcionamiento.

- **Reguladora y Perfiladora de Balasto:** Exceso de balasto en una vía puede producir daños innecesarios y por otro lado, la falta del mismo o una incorrecta distribución puede reducir la calidad del terminado de la vía. Por consiguiente, existe un método mecánico para lograr una buena regulación y perfilado.

Los brazos laterales crean el ángulo correcto del talud. Para ello, arrastran el balasto hacia la zona superior, en dirección a la corona. Allí, el arado central recoge el balasto y lo distribuye según la disposición de las chapas guía. Luego, un barrido mecánico retira las piedras que hayan quedado depositadas sobre los durmientes. El balasto sobrante se transporta a zonas con falta de material, donde queda disponible para su redistribución.

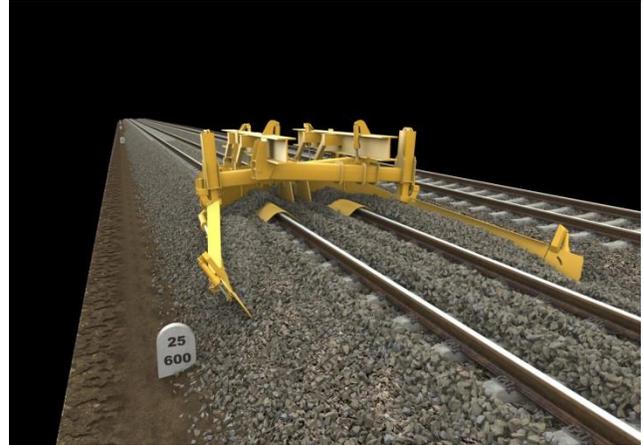


Foto 84.- Reguladora y Perfiladora de Balasto.

- **Estabilizador y Compactador Mecánico:** Después de la colocación de una vía nueva e igualmente tras un bateo, el balasto no está suficientemente compactado. Hasta 1973, sobre este tipo de vía los trenes debían circular a velocidades reducidas durante algún tiempo., esperando que se compactara con la circulación de los trenes. En la actualidad este tema está solucionado. Se parte sujetando firmemente el estabilizador mecánico a los rieles, luego, vibradores de masas excéntricas generan una vibración horizontal en dirección perpendicular a la vía, la que se transmite al terraplén y las piedras de

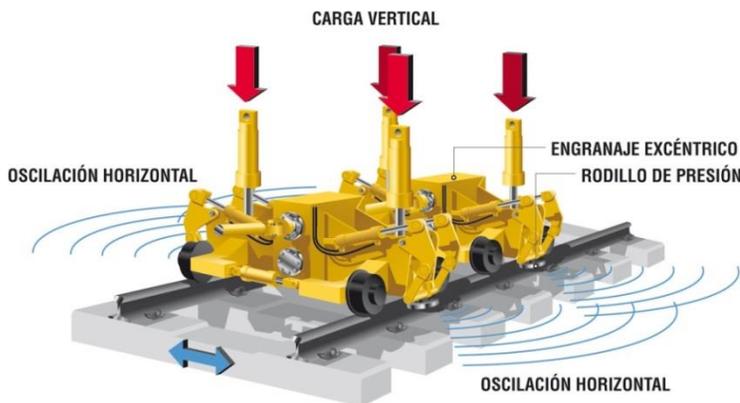


Foto 85.- Estabilizadora Mecánica. Descripción de sus partes y funcionamiento.

terraplén y las piedras de balasto se reordenan, prácticamente sin esfuerzo, en una estructura más compacta. La estabilización dinámica realiza los asentamientos iniciales necesarios de manera dirigida y controlada, por lo que la reserva de calidad de la vía aumenta, al igual que su vida útil.

Ian Mc Phee

- **Desguarnecedora de Balasto:** La circulación normal de los trenes y los factores ambientales a los que está expuesto la vía, conlleva a roturas, desplazamientos y contaminación del balasto. Como resultado, aumenta la proporción de piedras finas y la disminución de la elasticidad del balasto, su capacidad de drenaje y la vida útil de la vía. Con esta máquina puede limpiarse el balasto sin necesidad de la vía. Sus cadenas de excavación, excavan el balasto contaminado y a su vez, preparan la explanación para el balasto nuevo en el cual existe una gran parte de reutilización. El material limpio se reintroduce a la vía inmediatamente después de la cadena de excavación. Pueden aprovecharse cortes de vía de poca duración para que opere óptimamente una desguarnecedora, ya que requiere de pocas horas para ejecutar sus actividades.

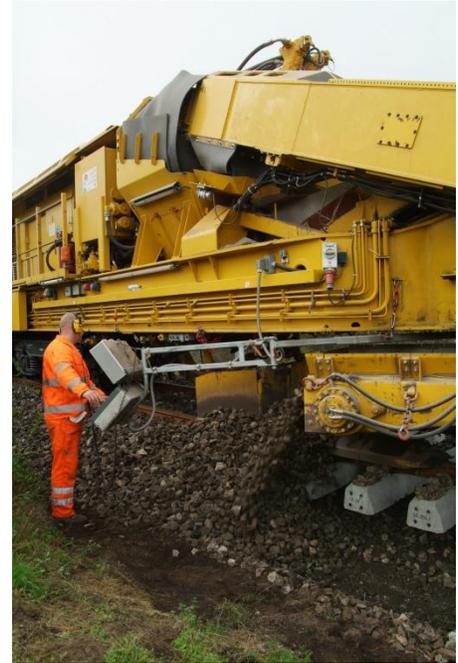


Foto 86.- Desguarnecedora de Balasto en operación.

- **Serie MFS. Logística de Materiales:** En obras de construcción ferroviaria se mueven enormes cantidades de materiales en poco tiempo, ya que miles de metros cúbicos de detritos o escombros, además de materiales nuevos tienen que cargarse y transportarse. Por lo que se requiere de una eficiente programación para lograr una logística a la altura de un proyecto de gran magnitud y reducir los plazos de construcción. El desguarnecido de balasto genera enormes flujos de materiales. Sin embargo, su rendimiento se puede maximizar si los materiales nuevos y los detritos se transportan a la misma velocidad. La logística de materiales en la construcción de vía se refiere a la capacidad de almacenar, transportar, cargar y descargar rápidamente grandes cantidades de materiales. Con esta máquina ferroviaria se pueden cumplir todas esas tareas de manera totalmente mecanizada.



Foto 87.- Máquina Transportadora de Materiales. Serie MFS. Logística de Materiales.

- **Construcción y Conservación de Catenaria. CEM 100.223:** Para garantizar que la catenaria funcione a la perfección, tanto desde el punto de vista eléctrico como



Foto 88.- CEM 100.223. Instalación de Catenarias.

mecánico, se deben realizar controles periódicos. Los trabajos de conservación en las catenarias se pueden realizar únicamente durante cortes de vía. La construcción y la renovación de la catenaria tienen un costo elevado ya que son trabajos que requieren de una alta calidad técnica. Sin embargo, en la actualidad los trabajos son ejecutados por máquinas especializadas y al mismo tiempo aumenta la seguridad del personal involucrado.

- **Vehículos de Conservación de Superestructura:** Para contar con un control total sobre el estado de una vía, se necesitan de formas mecanizadas de inspección que sean eficientes y eficaces en términos de rapidez en ejecución, para no tener que cortar una vía operativa por mucho tiempo, y capacitadas para poder resolver los inconvenientes que se puedan presentar.

- TIF: Vehículo de inspección de túneles con tres grúas, con cesta de trabajo y techo transitable para tareas de mantenimiento en túneles y bocas de túneles.



Foto 89.-TIF.

- OBW 100: Vehículo pesado de mantenimiento de superestructura con plataforma de carga y grúa especial con cesta de trabajo, capacitado también para inspeccionar puentes.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee



*Foto 90.- OBW 100.*

- TG 80-4: Vehículo pesado de mantenimiento de superestructura con plataforma basculante de aprox. 22 m<sup>2</sup> y elevada fuerza de tracción. Para trabajos duros como transporte de elementos.



*Foto 91.- TG 80-4.*

En definitiva, si se tiene un presupuesto generoso, además de condiciones constructivas y mano de obra especializada que lo permitan, la construcción de vías férreas puede ser un conjunto de procesos mecanizados que pudieran ser ejecutados en tiempos bastante acotados, rentabilizando mucho más un proyecto ferroviario. Sin embargo, la realidad nacional en la cual todos los recursos se hacen escasos, sumado a un contexto económico global complejo, se hace dificultoso planificar la construcción de líneas de tren utilizando este tipo de maquinaria.

## 6.- Proyecto Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Es de conocimiento común que el transporte público del gran Santiago, basado en recorridos de buses y 5 líneas de metro, está colapsado, que el crecimiento exponencial de la ciudad ha sobrepasado su capacidad, que en las encuestas ciudadanas está muy mal evaluado (sobretudo el Transantiago) y que genera un déficit al estado que aumenta anualmente. Los indicadores son alarmantes y junto con esto, surgen más preguntas que certezas.

Hasta ahora, las medidas que las autoridades han tomado, desde el 10 de febrero de 2007, fecha de inicio de la operación del Transantiago, siguen una línea coherente para reducir tiempos de viajes de las personas para entrar, salir y transportarse dentro de la capital, pero no del todo acertada. Aumentar la cantidad de buses, extensión de la red de vías exclusivas para los mismos buses, con infracciones para quienes no las respeten, fiscalizadores en paraderos para evitar la evasión del pasaje, una de las razones principales del déficit del sistema. Si realmente se quiere disminuir los tiempos de viaje en Santiago, se debe desincentivar el uso del vehículo particular con inversiones concretas en infraestructura que incentive el uso del transporte público, que es mucho más eficiente en todo ámbito para movilizar masas en todo el mundo. Chile y sus autoridades, que es lo más preocupante, no lo perciben de esa manera.

Actualmente se construyen las líneas 3 y 6 del metro de Santiago que sumarán 37 km a la red y alcanzarán un total de 140 km para fines del 2018. Una buena medida considerando que la solución del transporte metropolitano no pasa únicamente por mejorar uno o dos servicios, se debe diversificar los sistemas de transporte en toda la ciudad. Aumentar los kilómetros de ciclovías es un buen comienzo para bajar a la gente del vehículo particular, inversión que se ha hecho a nivel comunal y que ha tomado fuerza en las prioridades municipales, ahora debe concretarse un plan de red de ciclovías a nivel capitalino.

Ha existido también, una importante inversión en obras viales, como carreteras concesionadas que han reducido los promedios de tiempos de viajes de los usuarios, pero otra vez, incentivando el uso del vehículo particular, haciendo de Santiago, una ciudad con índices de contaminación preocupantes en la que se debiera implementar alternativas de transporte con fuentes energéticas no fósiles, ineficiente e insuficiente en su sistema de transporte público.

La relicitación del Transantiago es una oportunidad para reivindicar y diseñar el transporte capitalino de manera integral, donde cada medio de transporte juega su rol,

Ian Mc Phee

promoviendo aún más la intermodalidad y pensando en la movilidad regional como un sistema único.

Adicionalmente, la capital cuenta con una particularidad negativa desde el punto de vista social, ya que es una ciudad completamente segregada. En donde la gente debe viajar horas para llegar desde su domicilio, a su trabajo diariamente producto de lo distantes que están un punto y otro, por lo que responsabilizar únicamente al Transantiago o al metro, no es preciso.

Originariamente en los años 1994 y 1995, el SECTRA hizo el primer estudio de demanda para este proyecto, por lo que su concreción, ha tardado más de 20 años, por diversos motivos, pero se resume en la inexistente voluntad política.

El 10 de febrero de 2016 el proyecto fue ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEA). Etapa en la cual la participación ciudadana puede resolver dudas, presentar ideas, reclamos y de esta manera, las comunidades pueden tener un rol protagónico en la elaboración apropiada de este proyecto. Dicha etapa duraría hasta el 30 de marzo como lo explicó la Directora Regional del SEA, Andrea Paredes a la Municipalidad de Melipilla: “El proceso consiste en que la comunidad de las ocho comunas involucradas en este proyecto puedan entregar sus observaciones y están puedan ser respondidas y realizar las mejoras que se soliciten, lo importante es que la comunidad pueda participar informadamente en este proceso”.

En noviembre de 2016 el Presidente de EFE, puso en duda la concreción del “Melitren”, por el duro momento económico que vive el país, pero es en estos momentos de desaceleración económica cuando el Estado tiene que impulsar la demanda a través de inversiones públicas, porque se contratarían miles de trabajadores, fomentando la inversión y el dinamismo en la economía, además de brindarle el tremendo beneficio a la comunidad.

Este proyecto fue anunciado oficialmente por el Presidente Sebastián Piñera, pero no vio la luz en los plazos propuestos, ya que de ser así, debiese estar operativo actualmente. Luego fue parte del programa del segundo gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet y en su último año, aún sigue en estudio de ingeniería. Son 20 años desde que se anunció por primera vez este proyecto, junto con la promesa de campaña de todos los gobiernos y cada uno de ellos endosa la responsabilidad al siguiente gobierno por la misma razón del desfinanciamiento, a pesar de que en estas últimas décadas Chile ha crecido más que en toda su historia.

# El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Según el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, el servicio ferroviario de Santiago a Melipilla contempla una inversión de US\$ 1.100 millones. Monto que puede variar, ya que la etapa de ingeniería está aún en desarrollo y su forma de financiamiento tampoco está definida en detalle.

La necesidad de invertir en proyectos de transporte alternativos se visualiza de mejor manera teniendo el panorama vial, el contexto urbano y su congestión que posee la capital y sus alrededores.



Foto 92.-Contexto Urbano Ciudad de Santiago.

## 6.1.- Antecedentes Generales.

Toda información que sea expresada en el presente documento, ya sean citas, tablas comparativas, fórmulas, etc. Está previamente regularizado y formalizado legalmente por la Ley General de Ferrocarriles, Publicado en el Diario Oficial de 16 de septiembre de 1931. Ministerio de Fomento.

En agosto del año 2013, EFE en conjunto con el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y la asesoría técnica de SECTRA elaboraron varios estudios de pre factibilidad técnico y económica para implementar un servicio ferroviario de pasajeros entre las ciudades de Santiago y Melipilla. Los resultados señalan que es altamente conveniente concretar el proyecto hasta la localidad de Malloco, en el que se analizaron dos tramos: Alameda-Ciudad Satélite y Ciudad Satélite-Malloco. El último tramo hace aumentar la rentabilidad general del proyecto, lo que implicó la decisión del Gobierno de turno, aprobar la inversión completa hasta la localidad de Malloco.

Por otra parte, en los estudios realizados se analizaron dos tramos más que completan el proyecto: Malloco-Talagante y Talagante-Melipilla. En estos dos casos, la rentabilidad es marginal en estos tramos, por lo que disminuye la rentabilidad general. Esto motivó a realizar la ingeniería completa del proyecto, incluyendo estos dos últimos tramos y revisar las rentabilidades finales, con el fin de analizar la conveniencia de ejecutar la totalidad de las obras en una sola etapa de construcción.

El objetivo del proyecto es habilitar un servicio de transporte público que sea considerado como una alternativa competitiva a los servicios de buses existentes entre la Estación Central Alameda y Melipilla. Se pretende un servicio de transporte ferroviario de pasajeros de alto estándar que conectaría la ciudad de Santiago con Melipilla en 46 minutos, ahorrando un tiempo aproximado de una hora por viaje realizado por sus usuarios.

En la zona por donde transitará el ferrocarril interurbano, existe una influencia de 1,4 millones de habitantes, generando una potencial demanda de alrededor de 31 millones de pasajeros al año.

Considerando la alta afluencia de pasajeros a la que se hace mención, es importante elaborar una planificación del servicio que se proyecta y sus consecuencias. Por esto, en las horas en que esta aumenta o disminuye, denominadas como horas punta y fuera de punta respectivamente, se ha estudiado distintas modalidades de servicios en los cuatros tramos que completan el trayecto definitivo.

## 6.2.- Tramos.

Se contemplan 12 estaciones en 61 km de vías, pasando por 8 comunas: Estación Central, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte y Melipilla. Funcionando como metrotrén desde Estación Central hasta Ciudad Satélite, mientras que opera como Tren de Cercanía o Suburbano desde la estación Padre Hurtado hasta Melipilla.

### ➤ **Tramo Metrotrén:**

- Alameda; Lo Valledor; Lo Errázuriz; Américo Vespucio; Pajaritos; Tres Poniente y Ciudad Satélite.

### ➤ **Tramo Tren de Cercanía:**

- Padre Hurtado; Malloco; Talagante; El Monte y Melipilla.

## 6.2.1.- Modalidad de Servicios.

### A. Alameda (Estación Central) - Ciudad Satélite:

- Frecuencia de servicio cada 4 minutos en hora punta y cada 8 minutos en horario fuera de punta.
- Cruces viales y pasos peatonales desnivelados.
- Dos vías para servicios de pasajeros y con una vía para servicios de carga.
- Tarifa integrada a Transantiago, lo que permite realizar combinaciones con servicios de Transantiago y con el Metro de Santiago sin costo adicional.
- Material rodante eléctrico. Servicio similar al de metrotrén Alameda-Rancagua.

### B. Ciudad Satélite - Malloco:

- Frecuencia de servicio cada 4 minutos en hora punta y cada 8 minutos en horario fuera de punta.
- Cruces viales y pasos peatonales desnivelados.
- Dos vías para servicios de pasajeros y con una vía para servicios de carga.
- Tarifa no integrada con Transantiago.
- Material rodante eléctrico. Servicio similar al de metrotrén Alameda-Rancagua.

### C. Malloco - Talagante:

- Frecuencia de servicio cada 12 minutos en hora punta y cada 24 minutos en horario fuera de punta.
- Cruces viales y pasos peatonales a nivel.
- Una vía para servicios de pasajeros y otra para servicios de carga.
- Tarifa no integrada con Transantiago.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

- Tramo con menor demanda y frecuencia de trenes, por lo que se analiza desde el punto de vista económico y operacional, el uso de material rodante con motores diésel.

D. Talagante - Melipilla:

- Frecuencia de servicio cada 24 minutos en hora punta y cada 48 minutos en horario fuera de punta.
- Cruces viales y pasos peatonales a nivel.
- Una vía para servicios de pasajeros y otra para servicios de carga.
- Tarifa no integrada con Transantiago.
- Tramo con menor demanda y frecuencia de trenes, por lo que se analiza desde el punto de vista económico y operacional, el uso de material rodante con motores diésel.



Foto 93.-Trayecto, Estaciones, Frecuencia de Trenes y Modalidad de Pago "Melitren".

### 6.2.2.- Sistemas de Cobros.

Puesto que la forma y sistema de cobro a pasajeros dependerá del tramo en que circulen, al igual que en el Metro de Santiago, se deberá separar los ingresos y egresos de los usuarios a través de baterías de torniquetes distintas, de esa manera controlar y asegurar un correcto flujo de pasajeros.

El tramo Alameda-Ciudad Satélite operará integrado completamente a Transantiago (BIP) y el resto de los tramos operarán al igual que el Metro Valparaíso (Multivía). Estas consideraciones son relevantes a la hora de diseñar las estaciones, ya que implica boleterías en las que se pueda recargar las tarjetas BIP y Multivía.

### 6.3.- Trazado.

El plan cuenta con tres vías hasta Malloco, de las cuales dos son nuevas vías y que circularán trenes con pasajeros únicamente. Mientras que hasta la estación de Melipilla, llegan dos vías, una nueva y la otra que se debe rehabilitar para su uso, en la cual se transportarán cargas con destino final al puerto de San Antonio.

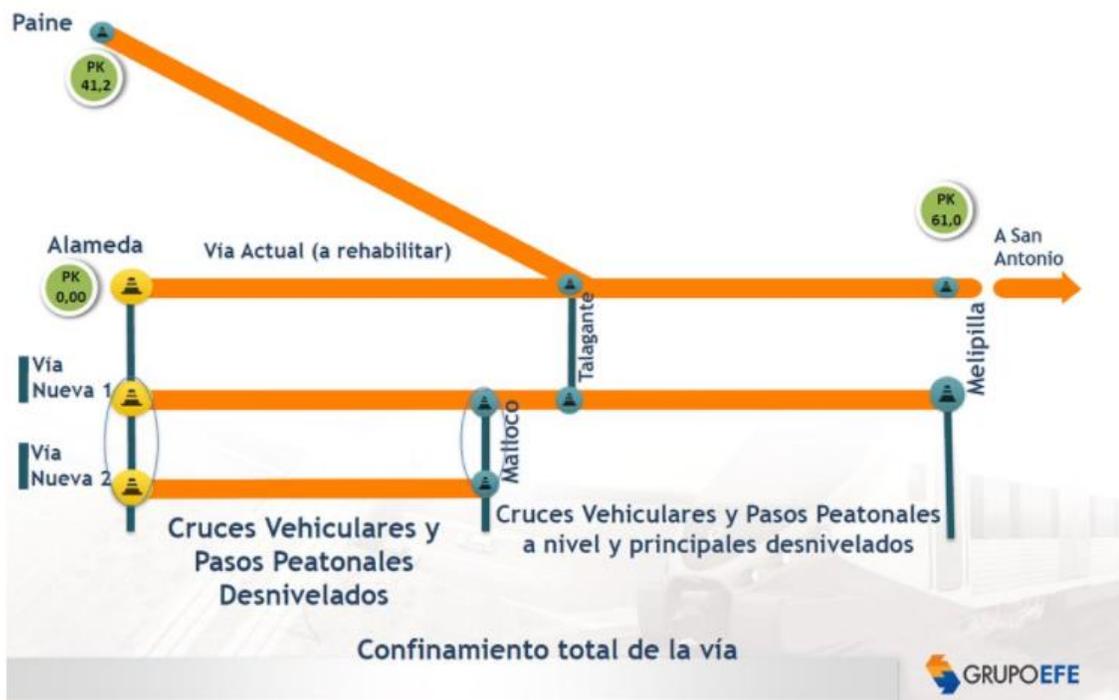


Foto 94.-Vías de Tren de Pasajeros y Carga con destino Melipilla y San Antonio respectivamente.

### **Explotación Vía Ferroviaria Actual.**

- I. Estación Central.
  - Actualmente es utilizada por líneas de pasajeros de media distancia que conectan Santiago con el Sur hasta Chillán, y por el Metrotrén que cumple su servicio suburbano de San Bernardo y Rancagua.
- II. Línea a Melipilla y San Antonio.
  - Esta vía única nace en el kilómetro 1,650 de la Línea Estación Central–Rancagua, por una bifurcación a nivel. Desde aquella bifurcación hasta la Estación Melipilla, la línea tiene algunas estaciones con instalaciones de servicio comercial que no son utilizadas actualmente. Eventualmente pueden servir de puntos de cruzamiento o de estacionamiento de vagones: Estaciones Padre Hurtado (Km 18,7) - Malloco (Km 24,8) - Talagante (Km 33,5) - El Monte (Km 39,9) y Melipilla (Km 61,0).

### **6.4.- Estaciones.**

Se han predispuesto diseño de estaciones parecidas a las del Metro de Valparaíso, todas superficiales. Para esto, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos principales:

- Andén central para pasajeros.
- Vía exclusiva de carga sin acceso por parte de los pasajeros y siempre por el costado poniente de la estación.
- Características funcionales de las Estaciones ligadas prioritariamente a la accesibilidad, en especial al andén central para pasajeros el cual se consulta mediante escaleras y paso subterráneo (que une ambos lados de la estación con el andén central) así como con los ascensores necesarios para dar respuesta a la normativa en lo que dice relación con las necesidades de los discapacitados y pasajeros en general.
- Continuidad permanente al paso peatonal por la vía. Para estos efectos se consulta un paso subterráneo, independiente del paso de la zona de pasajeros, con sus respectivos ascensores para discapacitados y peatones en general.
- Bahía de estacionamiento para vehículos de acercamiento a las estaciones.
- Materialidad que se integre con el entorno, que permita su permanencia en el tiempo y sea capaz de resistir vandalismos.

Ian Mc Phee

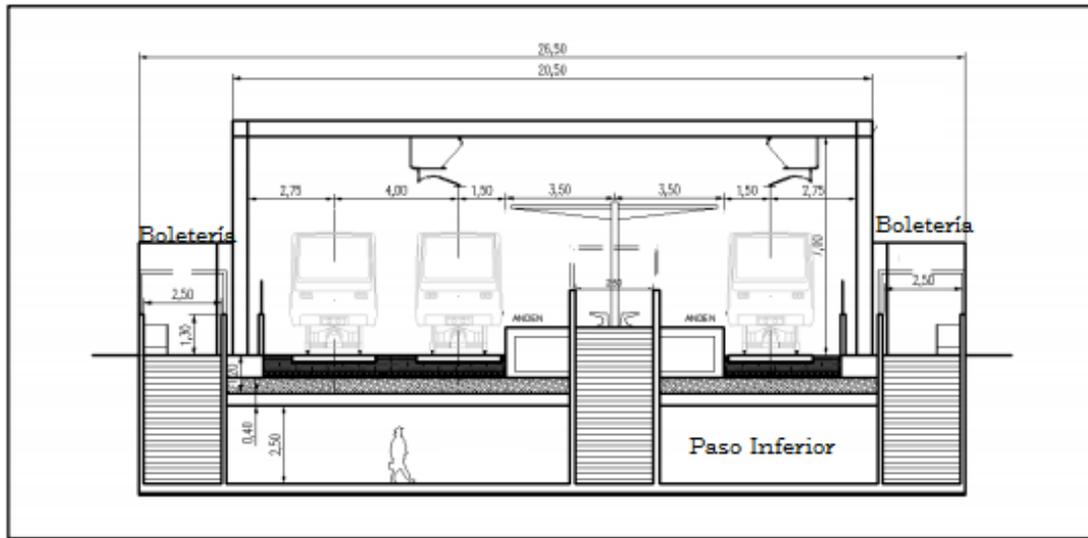


Figura 4.- Perfil Tipo Estación de Pasajeros.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

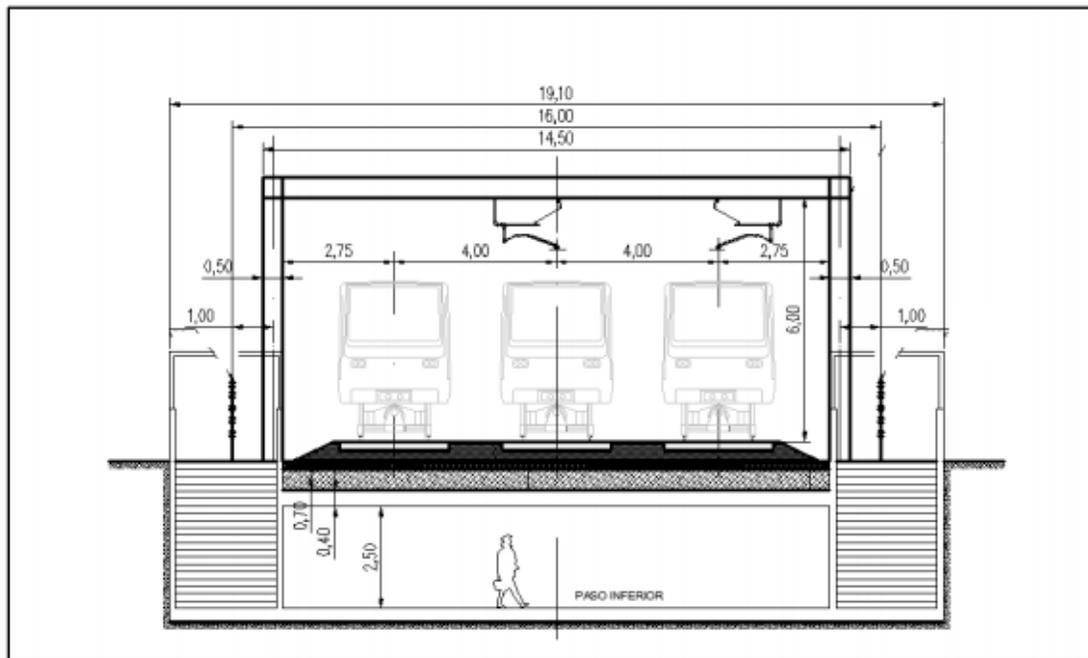


Figura 5.- Perfil Tipo Paso Peatonal Subterráneo.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

# El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Las estaciones del trazado completo, como ya se ha mencionado, son 12, contando la Estación Central, de las cuales hay 4 que serán nuevas. Estas son Américo Vespucio, Pajaritos, Tres Poniente y Ciudad Satélite. El resto de las estaciones requiere de intervenciones menores para estar habilitadas normativamente y operativas.



Foto 95.- Ubicación Estación Américo Vespucio.



Foto 96.- Ubicación Estación Pajaritos.

# El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

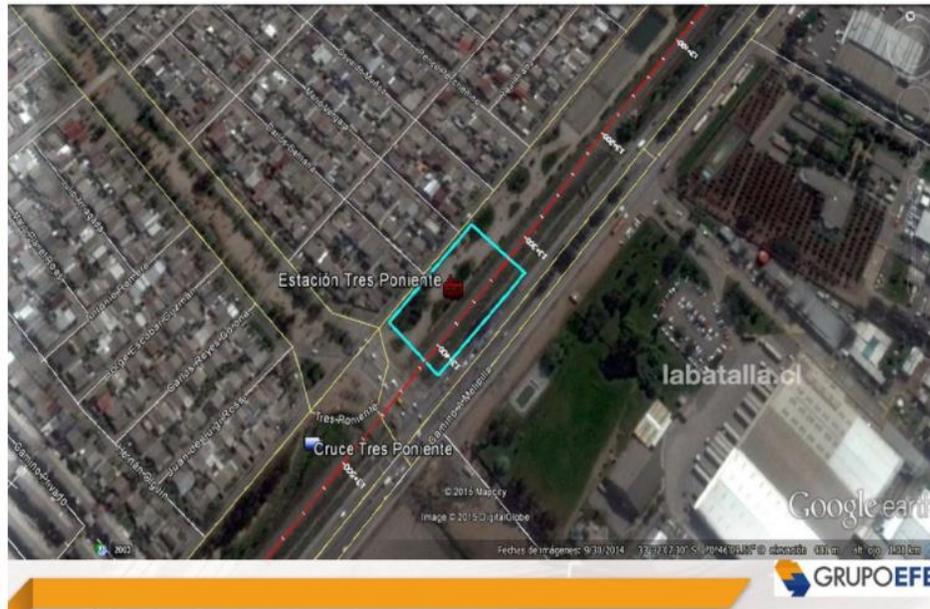


Foto 97.- Ubicación Estación Tres Poniente.

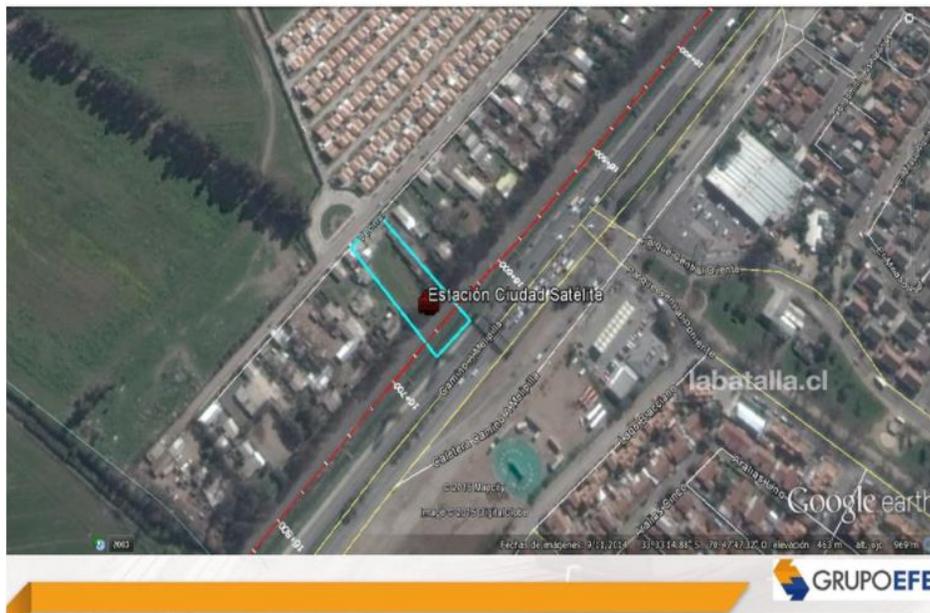


Foto 98.- Ubicación Estación Ciudad Satélite.

Adicionalmente, se tiene proyectado conectar con las líneas del Metro de Santiago. En la Estación Lo Errázuriz, habrá una conexión intermodal con la Línea 6, aún en construcción y que estará operativa a fines de 2018.

## 6.5.- Material Rodante.

Las especificaciones y características explicadas en el presente título está extraído de las “Especificaciones Técnicas de provisión de Material rodante y su Mantenimiento.” del documento “Proyecto de Mejoramiento Integral Infraestructura Ferroviaria Tramo: Alameda-Melipilla.” Realizado por EFE en Octubre de 2013.

El Material Rodante considerado para este proyecto estará formado por una o más unidades y a su vez, cada unidad podrá estar formada por uno o más coches. Dispondrán de un sistema propulsor alimentado por corriente continua (cc) de 3.000 V, con tecnología ferroviaria convencional de rueda de acero sobre rieles. Este material operará en vías mixtas de carga y de pasajeros.

Los trenes deberán conformarse por coches con los boguies necesarios, unidos mecánicamente entre ellos y contar con una inter circulación para que los pasajeros puedan pasar de manera segura de un coche a otro durante la circulación del tren.

Una unidad de tren no deberá exceder los 105 metros de la longitud útil de las estaciones de pasajeros. Como ejemplo, si una unidad tuviera 52 m de longitud y fuera posible agregarle coches, al aumentar la demanda se agregaría un tercer coche y podría quedar con una longitud de 73 m, para finalmente agregarle un cuarto coche quedando en 104 m. En definitiva, la longitud total siempre debe ser inferior a los 105 m. de los andenes, ésa es la única exigencia, la longitud de las unidades dependerá del contratista.

El Material Rodante suministrado deberá ser totalmente estandarizado. Los componentes, piezas y partes, cualesquiera sean sus funciones, deberán ser plenamente intercambiables entre las unidades suministradas.

Los criterios básicos que deberán cumplir los ferrocarriles que se adquieran son los siguientes:

- Condición normal de carga 4 pasajeros/m<sup>2</sup>.
- Condición máxima de carga 6 pasajeros/m<sup>2</sup>.
- Apariencia adecuada y aceptable para su integración en el ambiente urbano local.
- Bajo consumo de energía eléctrica.
- Baja emisión de ruidos y vibraciones.
- Alta confiabilidad operacional.
- Eficiencia económica en la operación y en el mantenimiento.
- Estándares de seguridad de acuerdo con las normas internacionales UIC.

Ian Mc Phee

- Uso de materiales resistentes a las llamas, de baja emisión de humos visibles y que no emitan gases tóxicos.
- Los materiales expuestos al público deben ser resistentes al vandalismo.
- Las secciones que componen el tren deberán poder ser reemplazadas con facilidad, en caso de destrucción por accidentes.
- Equilibrio entre los pesos por rueda en un mismo boguie.
- Velocidad Comercial mínima de 120 km/h.
- Vida útil de 30 años.

## 6.6.- Obras Civiles.

En los resultados del “Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago–Melipilla”, publicado en Julio de 2012 se han planeado diferentes obras civiles y viales que se deben realizar para construir el proyecto en cuestión. Como también estimaciones de costos para obras civiles menores y de terminación en la Estación Central. Por otra parte, en relación con la funcionabilidad y diseño, los siguientes criterios acordados con EFE, deben ser considerados.

1. Dos vías exclusivas para transporte de pasajeros y una vía exclusiva para carga.
2. La vía para los trenes de carga se emplazará siempre por el costado poniente de las vías de pasajeros.
3. Todas las estaciones superficiales contarán con andén central.
4. Todos los pasos vehiculares y peatonales serán desnivelados.
5. Cierro perimetral a lo largo de la totalidad del trazado de las vías.

### 6.6.1.- Vías Férreas.

En las líneas férreas de pasajeros se contempla la circulación de trenes con alimentación eléctrica y en la vía de carga, trenes alimentados con combustible diesel.

La longitud total de vía férrea en los tramos en estudio alcanza a los 21,805 km. En la tabla 9 se especifican las longitudes de vías, el tipo de estación y su ubicación referenciada.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Tabla 7.- Longitud Vía Férrea.

Nota: El Km 0,000 se emplaza a la altura del eje de la Calle Antofagasta.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

Estaciones	Kilometraje	Tipo Estación	Comentarios
Estación Central	1+580	Superficial	Al Norte de Calle Antofagasta
Lo Errázuriz	4+500	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta
Vespucio	6+993	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta
Pajaritos	10+000	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta
Tres Poniente	11+580	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta
Ciudad Satélite	14+891	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta
Padre Hurtado	17+040	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta
Malloco	23+385	Superficial	Al Sur de Calle Antofagasta

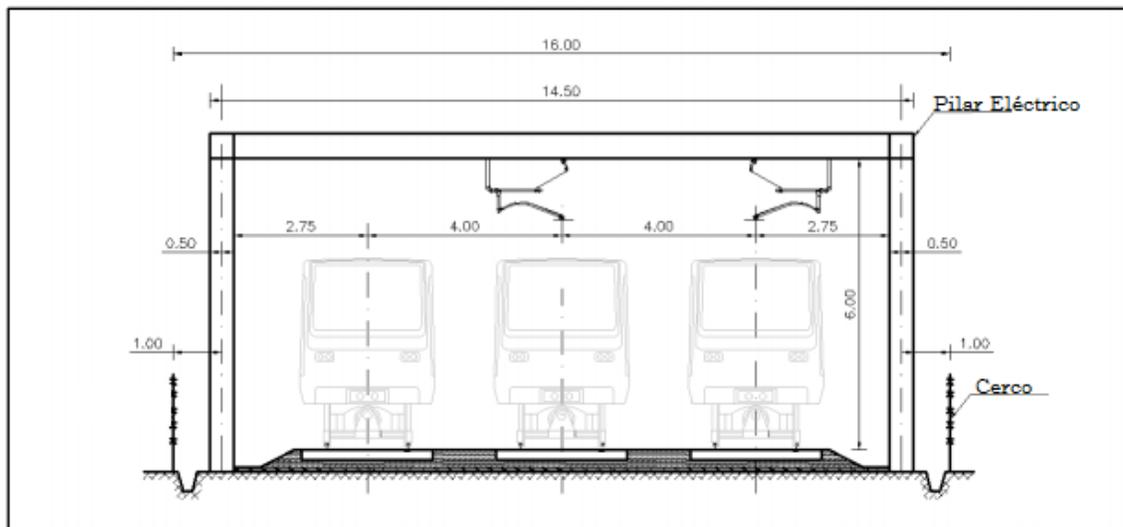


Figura 6.- Perfil Tipo Vía Férrea. Tramo Alameda-Malloco.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

### 6.6.2.- Confinamiento de las Vías.

Cumplir con este punto a lo largo de todo el trazado de la línea férrea y para las estaciones de pasajeros es primordial para:

- ✓ Reducir o controlar los accidentes que involucren a terceros.

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

- ✓ Disminuir o controlar la evasión en los accesos a los trenes.
- ✓ Aumentar las condiciones de seguridad del sistema.
- ✓ Reducir las posibilidades de vandalismo en las instalaciones y trenes.
- ✓ Mantener en condiciones adecuadas la faja de la vía.
- ✓ Impedir la acumulación de basura.

El tipo de cierre del cual se dispondrá dependerá de las características del lugar físico en el que se esté situado.

- Sectores cercanos a terrenos agrícolas:
  - Cierro tipo ACMAFOR 3d<sup>56</sup>.
- Sectores con sitios eriazos, poblaciones conflictivas y áreas de alto flujo vehicular:
  - Zócalo de hormigón con cierro tipo Malla ACMAFOR 3d Total= 2,5 m.
- Sectores con zonas residenciales y en el perímetro de las Estaciones:
  - Pantalla acústica.

Tabla 8.- Longitudes Tipos de Cierres para Vías Férreas.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

Tipo de Cierro	Longitud (m)
ACMAFOR 3d	33.096
Zócalo Hormigón con Malla ACMAFOR 3d	10.240
Pantalla Acústica	1.440
<b>Total (m)</b>	<b>44.776</b>

<sup>56</sup>ACMAFOR 3D: Sistema de cerco modular galvanizado y pintado con poliéster que se integra al diseño de cualquier proyecto. Esta solución la conforman paneles rígidos de mallas electro soldadas con nervaduras de refuerzo, postes de sección cuadrada y accesorios de fijación.

### 6.6.3.- Puentes.

En el trazado definido se proyectaron 5 puentes que deben ser intervenidos. Todos estos puentes están habilitados con una línea férrea con excepción del puente Antofagasta, emplazado en un sector de empalme de vías. En consecuencia, se hace necesario, rehabilitar y/o reforzar los puentes existentes para asegurar su funcionalidad y calidad bajo los nuevos estándares y exigencias y construir nuevos puentes paralelos a los existentes.

*Tabla 9.- Obras en Puentes Ferroviarios y Existentes.*

*Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.*

<b>Kilometraje</b>	<b>Nombre Puente</b>	<b>Obras en Puente Existente</b>	<b>Puentes Nuevos (Cantidad)</b>
0+000	Antofagasta	A Rehabilitar	-
2+320	Zanjón de La Aguada	-	1. Rehabilitar losa existente para segunda vía.
2+500	Autopista del Sol	-	2
6+900	Vespucio Sur	-	2
11+785	Canal Santa Marta	A Rehabilitar	2

#### 6.6.4.- Cruces Viales.

Según información de EFE, en el trazado involucrado existen 9 cruces viales. En la tabla 12 se especifican los cruces y los tipos de soluciones dispuestas para cada uno.

*Tabla 10.- Cruces Existentes y Solución Vial.*

*Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.*

Kilometraje	Ramal	Identificación	Tipo de Cruce	Estado	Solución Vial
0+820	Alameda Barrancas	Bernal del Mercado	Público	Habilitado	Enlace Vial
1+530	Alameda Barrancas	Sin Nombre (Calle M. Chacón)	Público	Habilitado	Enlace Vial
7+880	Alameda Barrancas	La Capilla	Público	Habilitado	Paso Inferior
11+760	Alameda Barrancas	Tres Poniente	Público	Habilitado	-
14+020	Alameda Barrancas	El Bosque	Público	Operativo / Subestandar	Enlace Vial
17+380	Alameda Barrancas	Valparaíso	Público	Habilitado	Paso Inferior
18+090	Alameda Barrancas	Santa Cruz (San Borja)	Público	Habilitado	Paso Inferior
21+560	Alameda Barrancas	Esperanza	Público	Habilitado	Paso Superior
22+510	Alameda Barrancas	Miraflores	Público	Habilitado	Paso Inferior

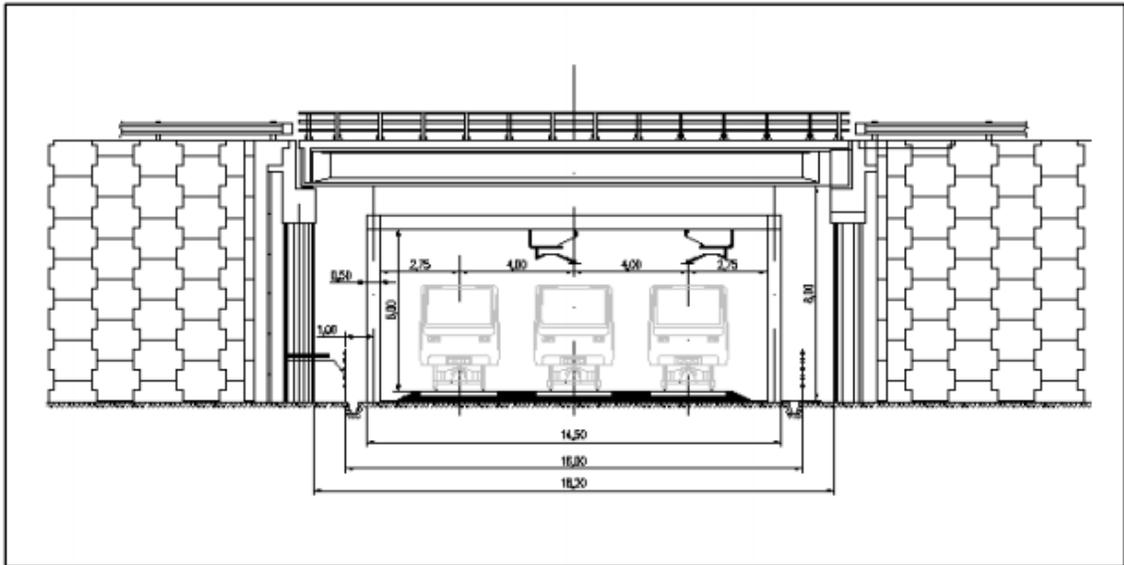


Figura 7.- Paso Desnivelado Superior.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

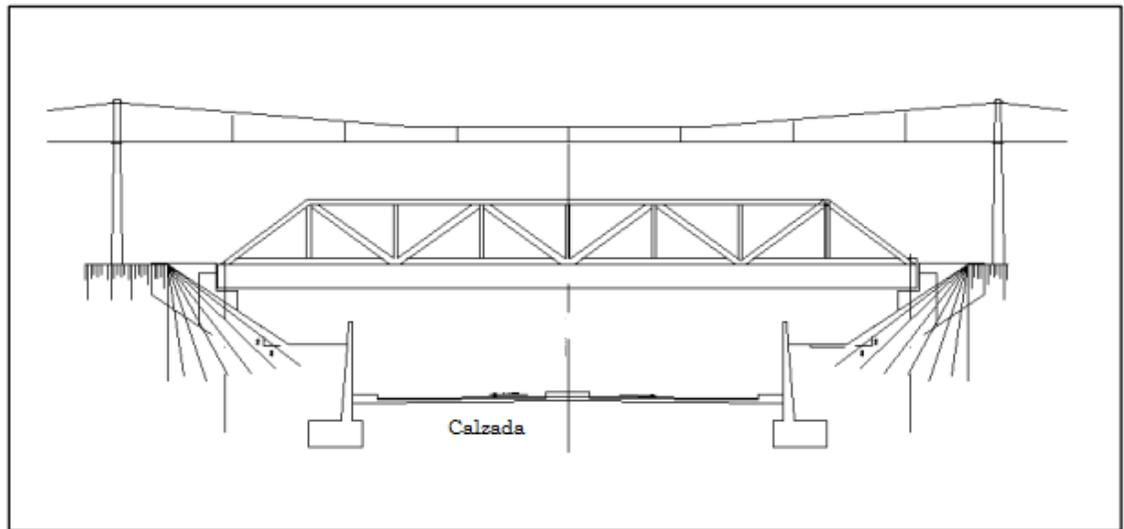


Figura 8.- Paso Desnivelado Inferior.

Fuente: "Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla". Cruz y Dávila Ingeniería.

### 6.6.5.- Pasos Peatonales.

A lo largo del trazado de la vías férreas de los tramos en estudio existe un elevado número de pasos peatonales, la mayoría de los cuales no están autorizados formalmente, sino que constituyen atravesos simples y además facilitados por la falta de cercos a lo largo de la faja férrea.

Tabla 11.- Cruces Peatonales por Habilitar.

Fuente: “Estudio de Ingeniería Concesión Internacional Transporte Ferroviario de Cercanías Santiago-Melipilla”. Cruz y Dávila Ingeniería.

Kilometraje	Nombre Cruce	Comuna
<b>Tramo Sur (Alameda – Peñaflor)</b>		
0+810	Obispo Manuel Umaña S.	
1+530	Manuel Chacón	
2+100	Uspallata	
4+800	Lo Errázuriz	Cerrillos
5+100	Conde de Orgaz	
5+400	Divino Maestro	
5+900	Las Torres	Cerrillos Maipú
6+200	Dr. Vargas Salcedo	
6+500	Las Galaxias	
6+900	Américo Vespucio	
7+300	Acapulco	
7+700	5 de Abril	
8+500	Cuatro Álamos	
10+200	Pajaritos	
10+500	Leopoldo Infante	
11+200	Calle Eliseo	
11+700	Tres Poniente	
12+000	Cerro Barón	
12+400	Fogonero Segura	
12+800	Escuadra Nacional	
14+200	El Bosque	
14+800	Ciudad Satélite	
17+300	Valparaíso	Padre Hurtado
17+800	Santa Cruz	
19+600	El Sotillo	
20+600	Santa Eugenia	Peñaflor
21+500	Esperanza	
22+600	Manuel González	

La operación de los pasos peatonales será diurna, durante la noche permanecerán cerrados por seguridad y dada la ausencia de transporte de pasajeros y la baja frecuencia en el transporte de carga el cruce de peatones será superficial.

### **6.6.6.- Talleres y Cocheras.**

Para efectos de mantención del material rodante, se consideró un taller ubicado entre las estaciones de Padre Hurtado y Malloco y que tendrá una superficie de 3 hectáreas.

La infraestructura considerada para el taller es:

- ✓ Vías.
- ✓ Galpón de Mantención.
- ✓ Edificio Administrativo (locales técnicos, oficinas y servicios).
- ✓ Red de protección contra incendio.

### **6.6.7.- Expropiaciones.**

Para la estimación de los costos de los terrenos que se deben expropiar se consideraron 2 tipos, Urbanos y Agrícolas, además de los siguientes antecedentes:

- Mercado inmobiliario.
- Edificación del predio (superficie edificada).
- Localización relativa a elementos de importancia (camino, tendido eléctrico, etc.)

<b>ÍTEM</b>	<b>SUPERFICIE (m2)</b>
Faja	1.900
Cruces	16.796
Estaciones y Talleres	36.401
<b>Total</b>	<b>55.097</b>

## 6.7.- Costos.

Este Presupuesto de Inversión se enmarca dentro de las tolerancias normales de un proyecto en etapa de nivel de factibilidad, con estimaciones de costo con una precisión de +/- 15 %.

Los precios unitarios incluyen un recargo de 30% por concepto de Gastos Generales, Utilidades e imprevistos del Contratista, aplicado sobre el costo directo de Obras. Además no se consideró el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Se realizó una revisión y actualización de aquellos precios unitarios que son de mayor incidencia en las diferentes partidas que componen la obra.

La actualización de precios desde 2012 al presente año en relación a las tasas de cambio correspondiente:

- 1 USD = \$ 672,53. (Dólar al 31 de mayo de 2017)
- 1 UF. = \$ 26.630,98. (UF. al 31 de mayo de 2017).

### **Exclusiones en Presupuesto:**

- Equipamiento fijo y electromecánico de las Estaciones de Pasajeros.
- Vialidad requerida para acceder a las Estaciones de Pasajeros.
- Obras Civiles Subestaciones Eléctricas Alta Tensión (SEAT).
- Obras Civiles Subestaciones Eléctricas Rectificadoras (SER).
- Equipamientos de Talleres.
- Material Rodante.
- Repuestos para equipamiento diverso.
- Electrificación.
- Señalización y Corrientes Débiles.
- Servidumbres.
- Ingeniería de Detalles, Administración e Inspección de Obras.
- Derechos municipales y empalmes de servicios.
- Interés del capital durante la implementación del proyecto.
- Aumentos por concepto de ajuste de precios, entre la fecha de la moneda base y las fechas.
- reales de desembolso de las inversiones.
- Costos del Dueño para implementar el proyecto.
- Impuesto al Valor Agregado (IVA).

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

Como la estimación de costos se ha realizó en base a un estudio de factibilidad, que no permite asegurar un nivel de precisión como cuando se cuenta con el diseño de Ingeniería de Detalles, se ha considerado una reserva por contingencias de un 10 %.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL (UF.)
1	Vías Férreas	1.402.288
2	Puentes y Segundas Estructuras	121.266
3	Estaciones y Obras Conexas	149.144
4	Cruces	961.959
5	Pasos Peatonales	86.166
6	Taller y Cocheras	114.599
7	Expropiaciones	180.574
	<b>Subtotal</b>	<b>3.015.996</b>
8	Contingencias (10%)	301599,6
	<b>Total</b>	<b>3.317.596</b>

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

Ian Mc Phee

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL (UF)	TOTAL (USD)
<b>1.0</b>	<b>Vías Férreas</b>		<b>1.402.198</b>	<b>63.228.871</b>
<b>1.1</b>	Vía Principal	gl	1.086.458	48.988.152
<b>1.2</b>	Cierros de la Vía	gl	129.034	5.818.109
<b>1.3</b>	Modificaciones de Servicios	gl	26.139	1.178.599
<b>1.4</b>	Obras de Arte	gl	160.567	7.244.011
<b>2.0</b>	<b>Puentes</b>		<b>121266</b>	<b>5467861</b>
<b>2.1</b>	Puentes Nuevos	gl	109.678	4.945.356
<b>2.2</b>	Puentes Rehabilitados	gl	11.588	522.505
<b>3.0</b>	<b>Estaciones y Obras Conexas</b>		<b>149.144</b>	<b>6.724.878</b>
<b>3.1</b>	Estación Central	gl	4.100	184.868
<b>3.2</b>	Estaciones Superficiales (7)	gl	145.044	6.540.010
<b>4.0</b>	<b>Cruces Viales</b>		<b>961960</b>	<b>43374539</b>
<b>4.1</b>	Pasos Inferiores	gl	482.455	21.753.792
<b>4.2</b>	Pasos Superiores	gl	77.085	3.475.730
<b>4.3</b>	Enlaces Viales	gl	402.420	18.145.017
<b>5.0</b>	<b>Pasos Peatonales</b>		<b>86166</b>	<b>3885185</b>
<b>5.1</b>	Pasos Peatonales subterráneos (28)	gl	86.166	3.885.185
<b>6.0</b>	<b>Talleres y Cocheras</b>		<b>114599</b>	<b>5167247</b>
<b>6.1</b>	Obras Civiles Taller	gl	114.599	5.167.247
<b>7.0</b>	<b>Expropiaciones</b>		<b>180574</b>	<b>8142025</b>
<b>7.1</b>	Expropiaciones por Faja	gl	14.934	673.366
<b>7.2</b>	Expropiaciones por Cruces	gl	114.919	5.181.669
<b>7.3</b>	Expropiaciones para Estaciones y Talleres	gl	50.721	2.286.990
	<b>Subtotal</b>		<b>3015907</b>	<b>135990606</b>
<b>8.0</b>	<b>Contingencias (10%)</b>	gl	301591	13599061
	<b>Total</b>		<b>3317498</b>	<b>149589667</b>

## 6.8.- Concesión.

En medio de un complejo escenario de desaceleración económica, se ha replanteado la forma de financiar proyectos como los trenes suburbanos a Melipilla y Batuco. Se está evaluando la aplicación del modelo de concesiones, con el fin de acelerar la concreción de estos servicios. Tal como lo afirmó el Presidente de EFE Germán Correa, en una entrevista a La Tercera el 2 de septiembre de 2016: *“Estamos viendo, a través de alguna concesión, que se pudiera facilitar el financiamiento de los proyectos”*. *“A inicios de 2018, las autoridades decidirán la manera de continuar el proyecto”*.

Como ya fue explicado por el ex Ministro de Transportes y Telecomunicaciones, Andrés Gómez-Lobo, existen 3 posibilidades de concesionar el proyecto del ferrocarril que se están estudiando.

1. Concesionar la construcción, las vías férreas, el material rodante y la operación del servicio.
2. El Estado (EFE), construya y compre el material rodante y que la operación del servicio sea por parte de un privado.
3. La construcción la ejecute EFE, a través de una licitación, mientras que el material rodante sea adquirido por un privado al igual que la operación del servicio.

Además, la concesión permite optar por el desarrollo de las fases opcionales de extensión del proyecto hacia la Plaza de Maipú y el norte de Santiago, tales como: Domingo Santa María, Quilicura y Batuco. Proyectos que están en estudio y paralizados por las dificultades presentadas en su financiamiento, misma situación que el “Melitren” o “Tren del Maipo”.

La concesión que se pretende llevar a cabo y que llamó a licitación en 2013, contempla la construcción, conservación y explotación de la infraestructura ferroviaria necesaria, más la provisión del material rodante y su mantenimiento, así como también la prestación del servicio de transporte de pasajeros. El plazo de concesión es de 18 años, el cual incluye tres años para la etapa de construcción. Sin embargo la fecha de inicio de faena es aún un misterio, pero no será en el presente año y, dependiendo del próximo gobierno y su voluntad política, podría iniciarse el año entrante.

Analizando las tres opciones de concesión plateadas por las autoridades y considerando el escenario económico actual, sumado a la capacidad gestora del Estado en comparación a la privada, en este estudio se propone la tercera opción como la más viable y con mayor proyección a futuro para otros proyectos de esta magnitud.

Es indispensable, para estos estudios, considerar y analizar todas las variables. Una de ellas es la experiencia internacional, ya que en temas de políticas públicas que involucran un gasto fiscal tan importante como el que se está estudiando, ayuda a conocer las consecuencias de su implementación y de esa forma minimizar los riesgos de concretar un proyecto que involucre un pacto público-privado de largo plazo.

No se puede negar que el servicio ferroviario de transporte de pasajeros existente en Gran Bretaña, más conocido como “InterCity”, mencionado y explicado en el presente trabajo, ha sido un éxito y que es replicable en Chile, si se llega a consensos políticos, para que el Estado modifique las “soluciones” que incentivan el uso del vehículo particular e invierta en infraestructura ferroviaria para finalmente construir los proyectos que hace años están paralizados.

Se considera como la mejor alternativa, la tercera, de que el Estado construya las vías férreas, dejando a concesión la adquisición del material rodante y operación del servicio por parte de un privado. Esto se fundamenta cuando se cuenta con una reglamentación clara, además de una licitación justa y transparente. Si se logran estas condiciones, la empresa que gane la licitación puede, basándose en la historia reciente del estado chileno, lograr una mejor calidad en la gestión del servicio a proveer y una mejor mantención del material rodante. Tal es así, que el sector público puede normar que la actualización de los carros sea cada cierto tiempo y que el privado de no cumplir, pierda el contrato.

Las concesiones en Chile han funcionado, generando empleo, conectividad y han generado progreso y agilidad a la construcción de obras viales. Se debe replicar con los ferrocarriles, método de transporte mucho más eficiente que cualquier otro medio terrestre, por todo lo que se ha explicado en lo extenso del presente trabajo.

## 7.- Conclusiones.

Se entiende por política de Estado o política a largo plazo, cuando existe la voluntad y se hacen los esfuerzos correspondientes por llevar a cabo una forma de concretar proyectos determinados. Medidas que se esperan sean tomadas en favor de mejorar la calidad de vida de la mayoría de las personas con su entorno. De precisamente eso ha carecido el estado chileno en la historia reciente de la nación, una de las razones de aquello es el corto periodo con el que cuenta un gobierno para ejecutar proyectos como el estudiado, para concretarlo. El planteamiento del tipo de país, del desarrollo de tecnologías eficientes y acordes a una normativa que vele por un futuro sustentable, es una discusión que no se ha hecho, por lo que se espera que el presente trabajo favorezca a fomentar dicha discusión y aportar a la información sobre las posibles soluciones de una problemática nacional como es el transporte masivo de carga y pasajeros. En definitiva, es la voluntad política, la captura partidista del Estado, la que ha trancado el desarrollo de la infraestructura ferroviaria.

En esa misma línea, el renunciado ex presidente de EFE, Jorge Inostroza, que explicó su renuncia por la precariedad institucional de la empresa que no facilita el desarrollo de la misma, la escasez de recursos y la falta de criterio en la formación de los gobiernos corporativos, dependientes de la SEP (Sistemas de Empresas Públicas). En el mismo sentido declaró que EFE tiene *“US\$ 9.000 millones en inversiones y hay que tomar una acción, pero como no hay recursos, la posibilidad de que se puedan hacer es baja. Según información que tengo de Hacienda, la posibilidad que el Estado invierta éste y el próximo año de manera directa es muy baja”*.

Por otra parte, el Senador Andrés Allamand criticó al ex presidente de la empresa estatal por su mala gestión y la del ex Ministro de Transportes y Telecomunicaciones, Andrés Gomez-Lobos, señalando que: *“el Rancagua Express y el San Bernardo Express son proyectos que tienen años de atrasos y postergaciones. El Melitrén, que va de Santiago a Melipilla y que fue rebautizado al principio de este gobierno como Tren del Maipo, es un proyecto, en los hechos, cancelado, ya que no tiene presupuesto ni ingeniería ni estudio de impacto ambiental, ni se han siquiera iniciado las expropiaciones indispensables”*.

Adicionalmente a las postergaciones de los proyectos, como si fuera poco, el Estado pretende impulsar dos proyectos que parecen ser prioritarios por sobre un ferrocarril. El primero de ellos es la ya anunciada ampliación de la ruta 68 entre Santiago, Valparaíso y Viña del Mar, que considera terceras pistas en algunos trazados, y, segundo, hacer una nueva autopista entre las dos ciudades por el sector de la Dormida. Estas carreteras chocan con el proyecto de EFE, que pretende unir nuevamente, mediante un tren de

Ian Mc Phee

mediana velocidad tipo intercity, la Estación Mapocho con las ciudades del Litoral norte, el cual incluye potenciar el desarrollo del transporte de carga y su logística.

Increíble e irracionalmente, el MOP está desarrollando la posibilidad de construir terceras pistas en la Ruta 78, la Autopista del Sol, entre Santiago y Talagante, incentivando una vez más el uso del vehículo particular en una carretera colapsada en horas punta y que lo seguirá estando.

Estas problemáticas confirman nuevamente la precaria institucionalidad de EFE, que requiere con urgencia una reforma de bases. El país necesita que esta institución se un participante principal en la planificación de transporte de carga y pasajeros a nivel nacional ya que la coexistencia de un Ministerio de Obras Públicas con otro de Transportes (al cual pertenece EFE), ha traído como consecuencia la ausencia de políticas estatales permanentes, que considere los ciclos recesivos de la economía sin afectar la inversión de proyectos ferroviarios que son claves para el desarrollo nacional, la experiencia internacional en esta materia es prueba de ello.

En definitiva, mientras no existan cambios de esta naturaleza y se tengan periodos de gobierno de 4 años sin posibilidad de reelección, las políticas públicas incoherentes e inconexas del MTT y el MOP seguirán favoreciendo directa o indirectamente al transporte privado por sobre el público.

A nivel metropolitano, Santiago y sus localidades periféricas cuentan con una alta congestión vehicular y con un parque automotriz en aumento constante. Tiene como problema principal en su sistema de transporte público el no apostar por la intermodalidad de servicios de manera eficiente. Ningún servicio de transporte, ya sea el metro, el tren o los buses, funciona eficazmente por su propia cuenta, y las deficiencias de cada uno son más evidentes cuando se presenta una falla en alguno de ellos, aunque sea por una hora. Es decir, el sistema de transporte público funcionaría mejor en la medida que cada uno de los servicios cumplan su rol, para el cual ha sido diseñado, considerando las zonas territoriales que subdividen la ciudad para implementar distintos modos de transporte que abarquen más o menos distancia.

Finalmente, lo único certero en materia de inversiones públicas para ferrocarriles, es que se tendrá que esperar que la próxima autoridad gubernamental estime favorable electoralmente y lo suficientemente “populista” para construir el Tren de Cercanía Santiago-Melipilla, proyecto que los vecinos de las comunidades necesitan urgentemente y que ya no resiste más postergaciones.

## Bibliografía.

### Referencias:

- María Piedad Alliende 1993. La Construcción de los Ferrocarriles en Chile 1850-1913.
- Cervero, Robert (1998). The Transit Metropolis - A Global Inquiry. Island Press.
- Morrison, Allen. 1996. Latin America by Streetcar: A Pictorial Survey of Urban Rail Transport South of the U.S.A.
- The Monorail Society.
- "La era de Ferrocarriles británicos" Trenes de la Virgen. Obtenido 2009-04-06.
- "El relanzamiento de InterCity". Ferrocarriles modernos. Vol. 40 no. 423. Ian Allan. Diciembre 1983. pp. 635-638.
- Network Rail. Making a Fresh Start. National Audit Office inform. 14 de mayo de 2004.
- Licitación Ingeniería Básica y de Detalles de las Obras Civiles y Sistemas Ferroviarios para el Proyecto Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Santiago-Melipilla. Santiago de Chile, Agosto 2013.
- Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria.
- Ley de Construcción de Ferrocarriles.
- Actualización de Presupuesto de Referencia para Obras Civiles de los Tramos Estación Central-Mallico. Julio 2012. Cruz y Dávila Ingeniería.
- Proyecto Mejoramiento integral Infraestructura Ferroviaria Tramo Alameda-Melipilla. Bases de Licitación de Provisión de Material Rodante y su Mantenimiento. Especificaciones Técnicas de Provisión de Material Rodante y su Mantenimiento. Santiago, Chile. Octubre de 2013.

### Webgrafía:

- <http://mingaonline.uach.cl/pdf/racs/n5/art13.pdf>.
- [www.sectra.gob.cl/metodologias/redefe.htm](http://www.sectra.gob.cl/metodologias/redefe.htm).
- <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=17067>.
- [http://www.senado.cl/site/presupuesto/2013/cumplimiento/Glosas%202013/quinta\\_s%20ubcomision/19%20Transportes%202013/ORD.%204707/Cd%20EFE%20estudios%20Trenes%20de%20cercan%C3%ADa/30130466%20-%20Alameda%20-%20Mallico%20%20Melipilla/Estudio%20Cruz%20y%20D%C3%A1vila/Informe%20Melitren\\_Rev.%20B.pdf](http://www.senado.cl/site/presupuesto/2013/cumplimiento/Glosas%202013/quinta_s%20ubcomision/19%20Transportes%202013/ORD.%204707/Cd%20EFE%20estudios%20Trenes%20de%20cercan%C3%ADa/30130466%20-%20Alameda%20-%20Mallico%20%20Melipilla/Estudio%20Cruz%20y%20D%C3%A1vila/Informe%20Melitren_Rev.%20B.pdf)
- <http://uneferrocarril.blogspot.cl>
- <http://www.institutoferroviario.cl/>
- <http://www.asargo.com/2014/02/tipos-de-vagones-para-ferrocarril.html>

Ian Mc Phee

- <http://www.fepasa.cl/transporte-ferroviario.html>
- <http://datos.observatoriologistico.cl/dataviews/226388/toneladas-transportadas-en-ferrocarril-por-tipo-de-carga-2014/>
- [http://www.efe.cl/sala\\_prensa/noticia\\_detalle/487/solo-10-de-la-carga-en-chile-se-mueve-en-tren-cuatro-veces-menos-que-eeuu-o-australia](http://www.efe.cl/sala_prensa/noticia_detalle/487/solo-10-de-la-carga-en-chile-se-mueve-en-tren-cuatro-veces-menos-que-eeuu-o-australia)
- [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)
- [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2013/08/28/217636.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2013/08/28/217636.php)
- <http://www.fersil-railway.com/es/el-ferrocarril-en-el-mundo/presentacion-de-los-distintos-tipos-de-transportes-ferreos-urbanos/>
- <http://www.fersil-railway.com/es/el-ferrocarril-en-el-mundo/fiabilidad-operativa-normas-sil/>
- [http://www.ferropedia.es/wiki/Ferrocarril\\_de\\_cremallera](http://www.ferropedia.es/wiki/Ferrocarril_de_cremallera)
- [http://funicularsantiago.cl/?page\\_id=109](http://funicularsantiago.cl/?page_id=109)
- <https://www.recorrido.cl/es/tren/metrotren-pasajes>
- <http://www.trencentral.cl/bin/link.cgi/servicios/terrasur/>
- <http://www.trencentral.cl/bin/link.cgi/servicios/metrotren-nos/>
- <http://www.trencentral.cl/bin/link.cgi/servicios/metrotren/>
- <https://www.metro-valparaiso.cl/viaje-en-metro/#frecuencia>
- <http://www.fcalp.cl/>
- <http://www.fesur.cl/es/servicios/>
- <http://www.fesur.cl/es/tren-turistico/#parentVerticalTab3>
- <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-92273.html>
- <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/11/19/trenes-de-cercania-la-deuda-dependiente-del-transporte-capitalino/>
- <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/euroduplex-very-high-speed-train/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Shinkansen\\_E5](https://es.wikipedia.org/wiki/Shinkansen_E5)
- <https://www.talgo.com/es/material-rodante/muy-alta-velocidad/350/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Serie\\_103\\_de\\_Renfe](https://es.wikipedia.org/wiki/Serie_103_de_Renfe)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Automotrice\\_%C3%A0\\_grande\\_vitesse](https://es.wikipedia.org/wiki/Automotrice_%C3%A0_grande_vitesse)
- <http://www.railway-technology.com/projects/crh380a-high-speed-china/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/China\\_Railways\\_CRH380A](https://en.wikipedia.org/wiki/China_Railways_CRH380A)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Shanghai\\_Maglev](https://es.wikipedia.org/wiki/Shanghai_Maglev)
- [www.procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/](http://www.procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/)
- <http://www.monografias.com/trabajos95/disenio-construccion-y-conservacion-vias-ferreas/disenio-construccion-y-conservacion-vias-ferreas3.shtml#construcca>
- <http://www.friki.net/videos/104673-maquina-que-instala-vias-ferroviarias.html>
- <http://marcianosmx.com/ru-800s-maquina-construye-vias-ferroviarias/>

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

- <https://www.plassertheurer.com/es/maquinas-sistemas/renovacion-construccion-via-sum-q-3.html>
- [www.plassertheurer.com](http://www.plassertheurer.com)
- <http://www.melipilla.cl/2016/02/10/vecinos-conocieron-nueva-etapa-de-avance-de-proyecto-metrotren/>
- <https://subscriber.bnamericas.com/es/noticias/privatizacion/chile-considerara-modelo-de-concesiones-para-proyectos-ferroviarios>
- <http://www.emol.com/noticias/Economia/2015/12/17/764373/EFE-ingresa-Estudio-de-Impacto-Ambiental-del-proyecto-AlamedaMelipilla.html>
- <http://www.labatalla.cl/esta-es-la-presentacion-que-mostro-efe-al-concejo-municipal-de-maipu-del-proyecto-tren-alameda-melipilla/>
- <http://www.construaprende.com/docs/caminos/347-ferrocarriles>
- [https://www.know.cf/enciclopedia/es/Ferrocarril\\_de\\_v%C3%ADa\\_estrecha](https://www.know.cf/enciclopedia/es/Ferrocarril_de_v%C3%ADa_estrecha)
- <http://www.subtrans.cl/subtrans/doc/IF-AnalisisTransporteCargaFFCC.pdf>
- [https://www.codelco.com/prontus\\_codelco/site/artic/20140520/asocfile/20140520183026/el\\_teniente\\_mineria\\_de\\_futuro.pdf](https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20140520/asocfile/20140520183026/el_teniente_mineria_de_futuro.pdf)
- [https://www.codelco.com/division-el-teniente/prontus\\_codelco/2016-02-25/155825.html](https://www.codelco.com/division-el-teniente/prontus_codelco/2016-02-25/155825.html)
- [https://www.codelco.com/division-andina/prontus\\_codelco/2016-02-25/111756.html](https://www.codelco.com/division-andina/prontus_codelco/2016-02-25/111756.html)
- [http://www.efe.cl/sala\\_prensa/noticia\\_detalle/469/grupo-efe-visita-instalaciones-de-mina-codelco-el-teniente-y-adjudica-contrato-con-angloamerican-para-transportar-concentrado-de-cobre](http://www.efe.cl/sala_prensa/noticia_detalle/469/grupo-efe-visita-instalaciones-de-mina-codelco-el-teniente-y-adjudica-contrato-con-angloamerican-para-transportar-concentrado-de-cobre)
- <http://www.institutoferroviario.cl/2012/05/chile-pionero-en-transporte-de-basura-por-ferrocarril/>
- <http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/YACIMIENTOS%20DE%20HIERRO%20CHILENOS.pdf>
- <http://biblioteca.cchc.cl/index.asp?param=o%AD%88%92bi%94%88v%5E&Op=3>
- <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-55176.html>
- <http://www.profesorenlinea.cl/Chilegeografia/HierroChile.htm>
- <https://www.vr.fi/cs/vr/en/intercity-train>
- <https://www.railplus.co.nz>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FocWXcVuncc>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/THSR\\_700T](https://en.wikipedia.org/wiki/THSR_700T)
- <http://web.archive.org/web/http://www.trenitalia.com/cms/v/index.jsp?vnextoid=cb209296b85a110VgnVCM10000080a3e90aRCRD>
- [http://www.transport.alstom.com/home/news/hot\\_news/35554.EN.php?languageId=EN&dir=/home/news/hot\\_news/](http://www.transport.alstom.com/home/news/hot_news/35554.EN.php?languageId=EN&dir=/home/news/hot_news/)

El Ferrocarril, Alternativa de Transporte Metropolitano. Caso: Tren de Cercanía  
Santiago-Melipilla.

---

Ian Mc Phee

- <http://www.latercera.com/noticia/experiencia-internacional-de-trenes-de-cercania-sera-replicada-en-chile/>
- [http://www.wedosteels.com/blog/wedo-railway-uic50-uic54-uic60-rails\\_b5](http://www.wedosteels.com/blog/wedo-railway-uic50-uic54-uic60-rails_b5)
- [www.teoriadeconstruccion.com](http://www.teoriadeconstruccion.com)