

AVANCES TECNOLOGICOS EN EL SISTEMA FERROVIARIO

ANIBAL AGOSTINELLI

CONSTRUCCIÓN INTELIGENTE

Contenido

1. La situación ferroviaria a nivel mundial

- 1.1 Algunos datos mundiales
- 1.2 Descripción del sistema ferroviario en los países de mayor longitud férrea del mundo.
- 1.3 La situación en América Latina
- 1.4 La situación en Europa

2. Infraestructura de vía: materiales

- 2.1 Distintos tipos de vía
- 2.2 Los materiales que componen los tramos de vía
- 2.3 Rieles
- 2.4 Durmientes
- 2.5 Balasto
- 2.6 Sujeciones de vías: fijaciones y eclisas
- 2.7 Aparatos de vía

3. Infraestructura de vía: equipamiento para su construcción

- 3.1 Técnicas constructivas.
- 3.2 Distintos procedimientos aplicados
- 3.3 Máquinas y herramientas.
- 3.4 Sistemas integrados de trabajo.
- 3.5 Otros equipos utilizados

4. Los trenes

- 4.1 Trenes de pasajeros
- 4.2 Trenes a hidrógeno
- 4.3 Ensayos generales y rutinarios
- 4.4 Trenes de cargas

5. Automatización, señalamiento y seguridad.

- 5.1 Digitalización en las infraestructuras.
- 5.2 Digitalización aplicada al material rodante.
- 5.3 Mejoras en señalamiento y comunicaciones
 - 5.3.1. Señalamiento
 - 5.3.2. Comunicaciones
 - 5.3.3. Video vigilancia de la red
 - 5.3.4. Nuevas tendencias: caso Da Vinci
 - 5.3.5. Señalamiento en China
 - 5.3.6. Señalamiento en alta velocidad en U.S.A.

6. Aspectos humanos

- 6.1 Redimensionamiento de las plantillas
- 6.2 Compensación económica por retiros voluntarios
- 6.3 Programas de reinserción

- 6.4 Estructura de incentivos
- 6.5 Algunos datos de la Comunidad Europea
- 6.6 Organización de carácter internacional

7. Algunos avances tecnológicos mundiales: su aplicación al sistema ferroviario argentino.

Conclusiones

- 7.1 Los ferrocarriles argentinos frente a la situación mundial
- 7.2 La infraestructura ferroviaria
 - 7.2.1 Rieles
 - 7.2.2 Durmientes
 - 7.2.3 Balasto
 - 7.2.4 Sujeciones de vías: fijaciones y eclisas
 - 7.2.5 Equipos complementarios
- 7.3 Equipamiento ferroviario y empresas constructoras
- 7.4 Los trenes y el material rodante
- 7.5 Digitalización en el sistema ferroviario
- 7.6 Los recursos humanos
- 7.7 Otros comentarios finales

1. La situación ferroviaria a nivel mundial

Con mucho entusiasmo se encara este trabajo que intentará presentar un diagnóstico actual del sistema ferroviario mundial para poder detectar los avances tecnológicos que en los últimos años ha tenido este sector y a partir de allí introducir aquellos temas que podrían tener aplicación en el sistema ferroviario nacional, tratando de adaptar las nuevas tecnologías aplicadas en el mundo al sistema actual en el corto plazo y a lo largo de los próximos años.

Sin duda que muchos de esos adelantos sería muy complejo y poco recomendable aplicarlos en nuestro país, no solamente por aspectos de índole económico sino también porque el sistema ferroviario argentino tiene prioridades y características diferentes a las del resto de los países del mundo.

1.1 Algunos datos mundiales

La primer tarea consistió en hacer un relevamiento general de los sistemas ferroviarios a nivel mundial; a tal efecto, se seleccionaron en base a sus longitudes las redes de los principales países. Para ello, se realizó un corte a partir de los 10.000 kilómetros, observándose que con esta condición solamente aparecen en la tabla cinco países de América y sólo dos países de América del Sur: Argentina y Brasil.

El total de kilómetros registrados mundialmente alcanza a más de 1.300.000 kilómetros, de los cuales 676.000 kilómetros (52%) corresponden a los primeros cinco países en el ranking: Estados Unidos, China, Rusia, Canadá e India, es decir países con grandes extensiones de superficie.

En el mismo cuadro, también se presenta la cantidad de kilómetros por tipo de trocha: mixta (1,600 metros), estrecha (1,000 metros), estándar/media (1,435 metros) y ancha (1,676 metros). Como se observa, la trocha estándar representa el 62 % del total registrado, y los países de mayor desarrollo de ella son Estados Unidos, China y Canadá. La República Argentina tiene un escaso desarrollo de esa trocha, apenas 2.745 kilómetros que corresponden al ferrocarril Urquiza. Por otra parte, la mayor extensión en trocha ancha de esa tabla se registra en Argentina con 26.391 kilómetros

Estos valores se muestran en el Cuadro 1.1, que se presenta a continuación:

País	Vía Mixta km	Vía Estrecha km	Vía Estándar km	Vía Ancha km	TOTAL VÍAS km
MUNDIAL	2 215	205 153	823 390	288 662	1 319 252
Estados Unidos			293 564		293 564
China			131 000		131 000
Rusia		957		86 200	87 157
Canadá			77 932		77 932
India		10 121		58 404	68 525
Argentina		7 781	2 745	26 391	36 917
Alemania		259	33 331		33 590
Australia	332	12 318	17 446	3 247	33 343
Brasil	492	23 342	194	5 822	29 850
Francia		167	29 473		29 640
Japón	132	22 379	4 800		27 311
Ucrania			49	21 684	21 733
Sudáfrica		20 906	80		20 986
México			20 825		20 825
Italia		1 412	18 770		20 182
Polonia			18 836	395	19 231
Reino Unido			16 534	303	16 837
Kazajistán				16 614	16 614
España	190	1 239	2 571	11 333	15 333
Suecia		65	14 062		14 127
Pakistán		389		11 492	11 881
Rumania		427	10 781	60	11 268
Turquía			10 087		10 087

Cuadro 1.1 longitud de redes ferroviarias
Fuente: The World Fact Book (2020)

La estadística completa revela que hay 136 países con trazados considerados ferroviarios en el mundo, de los cuales 23 tiene redes mayores de 10.000 kilómetros. Por otra parte, en función de los kilómetros cuadrados de superficie y la población de cada uno de ellos, se plantea el Cuadro 1.2, en el cual se observan otros dos indicadores para el análisis: la cantidad de kilómetros cuadrados de superficie respecto de la longitud de vía y la relación entre la cantidad de habitantes y los kilómetros de vía.

País	TOTAL VÍAS Km	Superficie km ²	Población Total hab	km ² / km vía	hab / km vía
MUNDIAL	1 319 252	125 183 666	7 544 744 000	95	5 719
Estados Unidos	293 564	9 147 593	331 800 000	31	1 130
China	131 000	9 596 960	1 403 426 000	73	10 713
Rusia	87 157	17 098 242	146 712 000	196	1 683
Canadá	77 932	9 984 670	38 116 000	128	489
India	68 525	3 287 263	1 409 902 000	48	20 575
Argentina	36 917	2 780 400	45 377 000	75	1 229
Alemania	33 590	357 022	83 421 000	11	2 484
Australia	33 343	7 741 220	25 769 000	232	773
Brasil	29 850	8 515 767	211 420 000	285	7 083
Francia	29 640	643 801	64 962 000	22	2 192
Japón	27 311	377 975	126 045 000	14	4 615
Ucrania	21 733	603 550	41 793 000	28	1 923
Sudáfrica	20 986	1 219 090	59 750 000	58	2 847
México	20 825	1 964 375	127 792 000	94	6 136
Italia	20 182	301 340	60 346 000	15	2 990
Polonia	19 231	312 685	38 383 000	16	1 996
Reino Unido	16 837	243 610	67 180 000	14	3 990
Kazajistán	16 614	2 724 900	18 759 000	164	1 129
España	15 333	505 370	47 183 000	33	3 077
Suecia	14 127	450 295	10 366 000	32	734
Pakistán	11 881	796 095	224 654 000	67	18 909
Rumania	11 268	238 391	19 237 000	21	1 707
Turquía	10 087	783 562	83 752 000	78	8 303

Cuadro 1.2 Comparación de indicadores
Fuente: The World Fact Book (2020)

De la misma se concluye que Alemania, Japón, Reino Unido e Italia, al tener menores superficies de terreno, son las que tienen más densidades de red de los países analizados; por otra parte, China, India, Pakistán, Turquía y Brasil son los países que tienen mayor cantidad de habitantes por kilómetro de red.

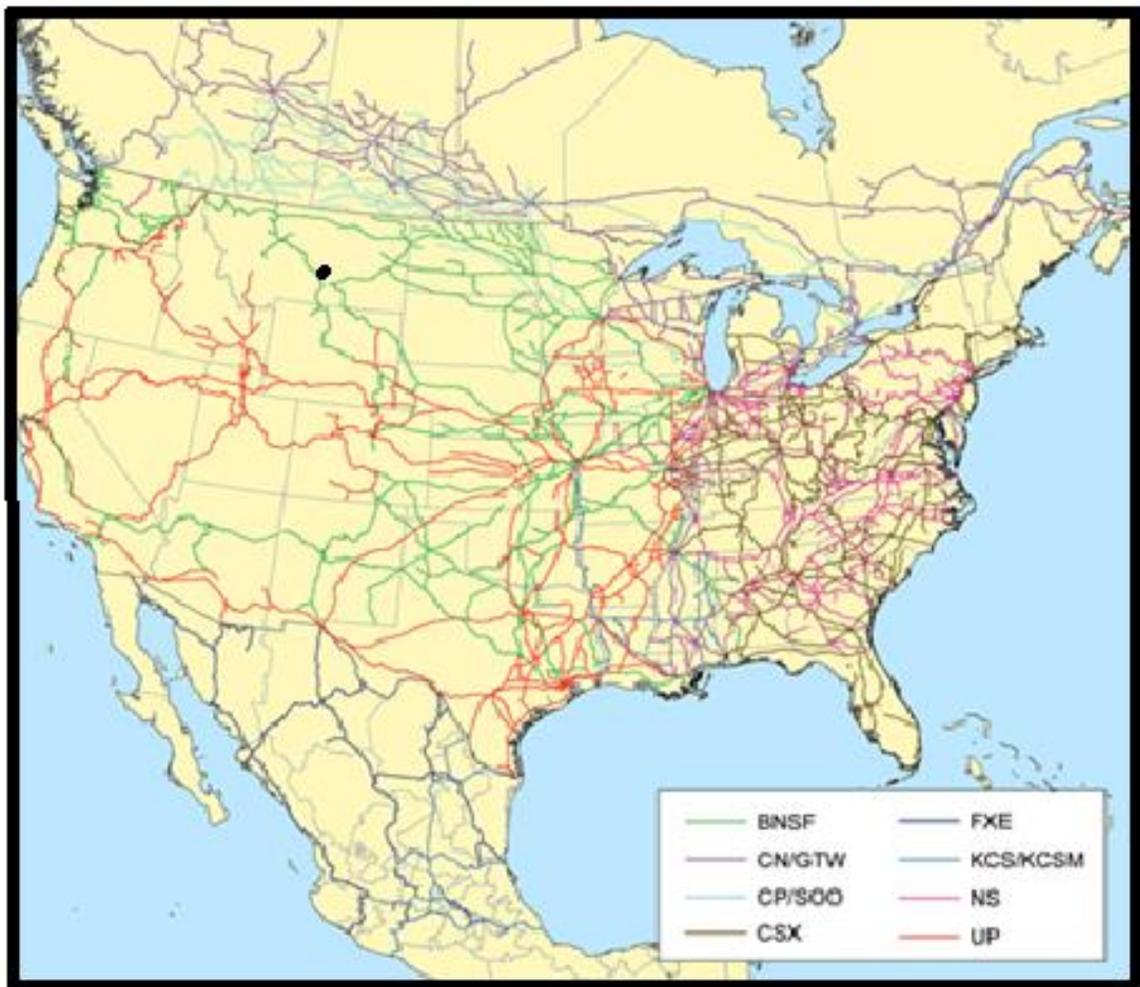
En base a los datos presentados, y tomando como significativas las longitudes de red, se presenta a continuación un resumen con datos generales de cada país. También se presenta un análisis de la situación en los principales países de Europa y de América del Sur para completar este análisis inicial de los sistemas ferroviarios nacionales.

1.2. Descripción del sistema ferroviario en los países de mayores longitudes férreas del mundo

Se realiza a continuación una pequeña descripción estadística y conceptual de las principales redes ferroviarias del mundo.

1.2.1 Estados unidos de América

Es la de mayor longitud a nivel mundial; por ella transitan tanto empresas de pasajeros como de cargas con importante intensidad de circulación. En el año 2018 circularon a través de ellas 2.525.217 millones del año 2018. En el Mapa 1.1 se presenta un esquema de la red donde se observa que la zona este del país es la que tiene mayor densidad de red férrea; por otra parte, los colores representan las distintas empresas que componen el sistema ferroviario en Estados Unidos, que se caracterizan además por transportar gran cantidad de mercaderías de la costa este a la oeste y viceversa.



Mapa 1.1. Red ferroviaria de estados unidos
Fuente: Amtrak (2019)

En varios sectores de la misma conviven servicios de pasajeros y de cargas, pero en general las redes son propiedad de las empresas de cargas.

Los trenes de pasajeros son de alta prestación y en su mayoría de servicios tipo diésel, operados por la empresa estatal AMTRAK, que registra alrededor de 25.000.000 de pasajeros diarios y opera en 46 estados del país con alrededor de 280 servicios diarios; por otra parte, cuenta con un servicio de alta velocidad (Acela) entre las ciudades de Boston y Washington atravesando New York y también tiene importantes servicios de pasajeros en la costa oeste de los Estados Unidos.

Por otra parte, el transporte de cargas alcanzó las 2.518.217 millones de toneladas kilómetros en 2018; la distancia media se ubicó en los 1.200 kilómetros registrándose alrededor de 2.100 millones de toneladas de cargas transportadas en ese año.

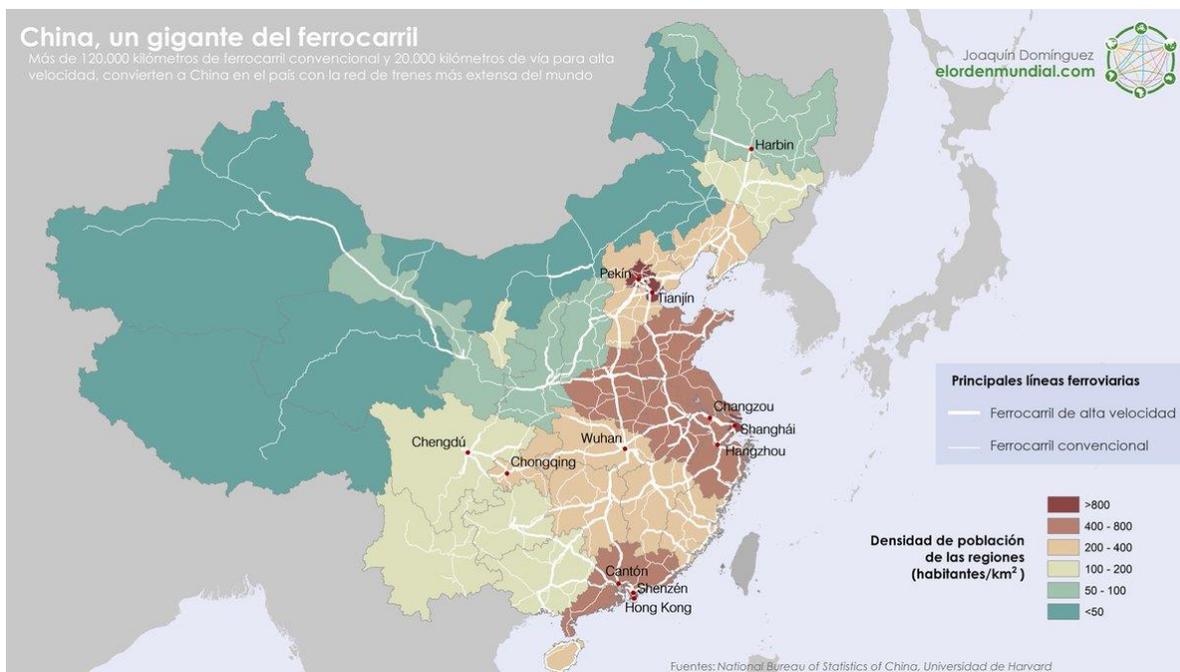
Los servicios de cargas están representados por ocho empresas privadas, las que desarrollan sus trazados y operan en distintas regiones del país; transportan importaciones y exportaciones, principalmente contenedores, granos carbón y petróleo. Estos productos tienen una importante participación ferroviaria en el total de cargas transportadas en el país, representando alrededor del 40% de los movimientos anuales registrados a nivel nacional.

China

La longitud de la red ferroviaria de China es la segunda más importante del planeta; abarca 131.000 kilómetros de extensión y en el mapa adjunto se observa que conecta importantes ciudades de ese país, en especial en la región este del mismo. El sistema ferroviario de la República Popular China es uno de los que más ha evolucionado en avances tecnológicos en los últimos años, en especial en lo referido a los servicios interurbanos de pasajeros. China Railway Corporation (C.R.C.) es la empresa estatal que desde 2013 es responsable de la explotación comercial del ferrocarril, tanto para cargas como para pasajeros, salvo una línea que opera en Shanghai y que no está bajo esa jurisdicción.

En este país es tan importante el transporte de pasajeros como el de cargas por ferrocarril, pero al tener una densidad de población elevada en zonas desarrolladas y contar con numerosas ciudades grandes, tiene importantes flujos de pasajeros inter-ciudades. En 2018 se registraron 681.203 millones de pasajeros kilómetro, cifra que es una de las más significativas del mundo, lo que representó alrededor de 1.419 millones de pasajeros año transportados por ferrocarril.

En el Mapa 1.2 también se observa que resulta significativa la red de alta velocidad en China (en blanco fuerte), la que ha ido creciendo en los últimos años (está representada en trazos blancos gruesos). Cuenta actualmente con 29.000 kilómetros de sectores por donde operan trenes de alta velocidad, más que en cualquier otro lugar del mundo; por otra parte, la red masiva de ferrocarriles conecta más de 100 ciudades chinas.



MAPA 1.2 : la red ferroviaria de china
 Fuente: Scopnet.es (2016)

Dicha masividad ha llevado al desarrollo propio en los últimos años de la industria asociada a la alta velocidad; a partir del año 2010 el ferrocarril chino ha puesto en servicio los primeros trenes de alta velocidad construidos íntegramente en ese país, lo cual ha sido un importante avance tecnológico para esa región.

Estos trenes desarrollan velocidades máximas de funcionamiento de hasta 350 kilómetros por hora; el tren bala Fuxing, el más avanzado de la serie, fue desarrollado utilizando derechos de propiedad intelectual propios. En el año 2017 entró oficialmente en circulación en la línea Beijing-Shanghái, siendo uno de los trenes de alta velocidad más avanzados del mundo.

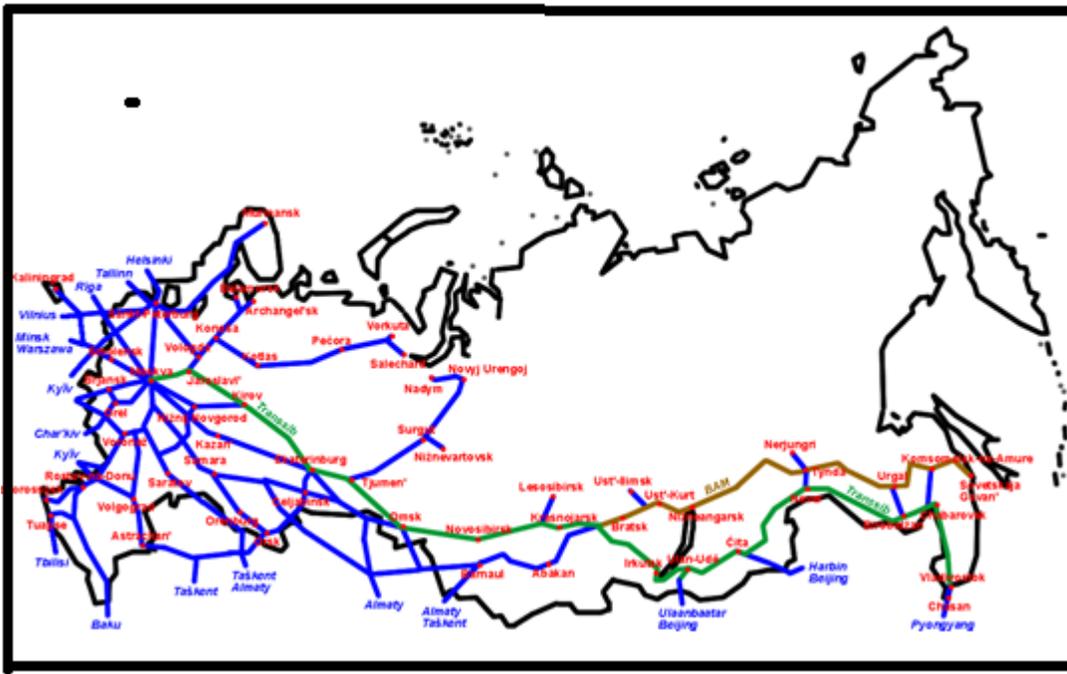
Por otra parte, también cobra importancia la carga transportada anualmente, que en el año 2018 alcanzó los 2.238.435 millones de toneladas kilómetro. Al ser la distancia media de alrededor de 700 kilómetros, se estima que la cantidad de mercaderías transportadas en esa fecha alcanzó los 3.197 millones de toneladas año. La economía de China depende fuertemente del carbón y el coque, del hierro y el acero, de los productos petroleros, del grano, de los fertilizantes y de otros productos a granel que se transportan más económicamente por ferrocarril.

China es el segundo transportista de carga más grande del mundo en toneladas-km netas (después del sistema de clase 1 de los Estados Unidos) y el mayor transportista de pasajeros en pasajeros-km. Combinando los tráficos de pasajeros y de carga, C.R.C. es ahora el ferrocarril más ocupado del mundo.

Las expectativas de crecimiento futuras indican que China estima transportar en los próximos años alrededor de 3.535 millones de pasajeros y 3.368 millones de toneladas de carga por sus redes ferroviarias

Rusia

Es un país que registra grandes extensiones de territorio y un clima que resulta muy duro durante gran parte del año, lo que no impide la circulación de los trenes permanentemente y a lo largo de todo el país. La red ferroviaria cuenta con una extensión de 87.157 kilómetros, siendo el transporte ferroviario estratégico a nivel interurbano. Actualmente la mitad de las rutas están electrificadas, alrededor de 43.000 kilómetros, lo que ubica a Rusia en primer lugar entre muchos países en este tema



MAPA 1.3: red ferroviaria de Rusia
Fuente: Wikipedia, Rusia rail map (2016)

La empresa O.J.S.C. (Ferrocarriles Rusos) se creó en 2003 y continúa actualmente funcionando; incluye diecisiete ferrocarriles y tiene sucursales que se dedican al transporte de pasajeros y mercancías. Pertenece al gobierno ruso y tiene la exclusividad de los transportes por ferrocarril en todo el país. Ferrocarriles Rusos transporte cerca de 1300 millones de pasajeros cada año y alrededor de 1300 millones de toneladas de carga viajan por sus vías (40% del tráfico total). El ferrocarril consume el 6% de la energía eléctrica generada y el 10% del diésel del país.

Desde 2009 comenzó la operación de trenes de alta velocidad con unidades Siemens en la línea Moscú-San Petersburgo; por otra parte, en la ruta San Petersburgo - Helsinki, los ferrocarriles

rusos incorporaron trenes Alstom; pero recientemente en el año 2018 presentaron el proyecto del primer tren de alta velocidad de diseño nacional que unirá las ciudades de Moscú con Kazán, trayecto de 790 kilómetros entre las capitales rusa y tártara y que tendrá un tiempo de viaje de 3,5 horas, (frente a las 12,30 horas actuales).

Por otra parte, el Ferrocarril Transiberiano brinda un importante servicio cruzando toda la extensión del país. Parte de la ciudad de Moscú, atraviesa todo el país y permite acceder a China y a ciudades del este de Rusia. La trocha empleada es de 1.520 metros de ancho y tiene una longitud de 9,288 kilómetros, aproximadamente. Durante su recorrido se recorren 7 husos horarios distintos, 12 regiones y atraviesa y conecta 87 ciudades.



Mapa 1.4 Ferrocarril transiberiano

También en Rusia se registran importantes volúmenes de cargas transportadas por ferrocarril a lo largo de los últimos años; el dato conocido registra 2.490.000 millones de toneladas kilómetro en el año 2017, que representan alrededor de 1.300 millones de toneladas de carga por año.

Canadá

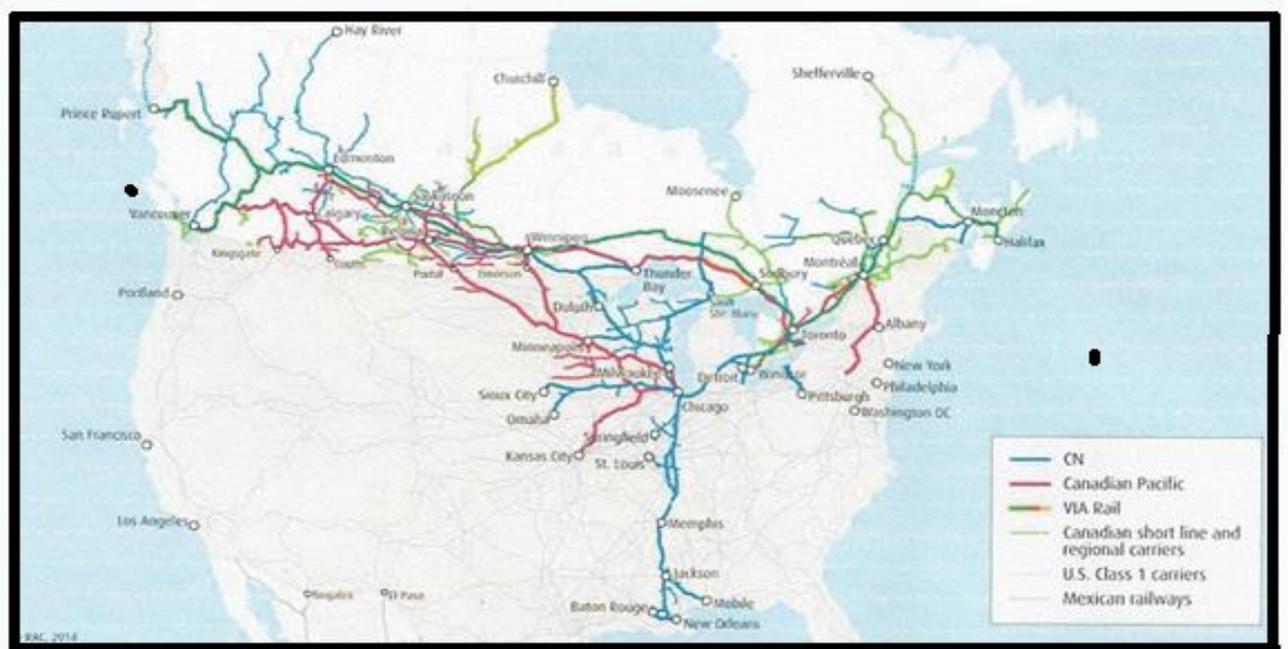
La red ferroviaria en Canadá está conformada por más de 77.000 kilómetros de extensión y conecta al Oeste con el Este del país yendo desde Vancouver a Toronto, pasando por Calgary y Winnipeg. Canadá es un país de gran extensión en su superficie y en relación con otros países de esas características tiene baja densidad de población. Los pasajeros transportados en 2018 alcanzaron los 1.597 millones de pasajeros kilómetros, lo cual implica que básicamente son pasajeros interurbanos que se desplazan entre ciudades lejanas.

La empresa VIA Rail Canadá es la que realiza el transporte de pasajeros en el país; es una empresa estatal y una de las compañías de transporte más confiables de Canadá; opera a través de 12.000 kilómetros de vía, y conecta a casi 500 localidades de todo el país, del Atlántico al Pacífico, con casi 500 trenes semanales.

La flota de coches de la empresa es significativa, 396 vagones de pasajeros y 78 locomotoras activas (según datos de 2020) y opera en 159 estaciones de trenes, empleando a unas 2.600 personas. Circula sobre vías que pertenecen y son administradas por empresas de cargas, salvo en un tramo de 200 kilómetros que es de jurisdicción propia.

Las empresas que operan los servicios de carga son del ámbito privado; no es muy significativa la cantidad de toneladas transportadas: se transportan alrededor de 800.000 toneladas por año que representan 1.000.000 de toneladas kilómetros, entre costa y costa, de acuerdo a lo informado por la Asociación de Ferrocarriles de Canadá (R.A.C.).

Los trenes de carga conectan al país y comparten la vía con los de pasajeros. Una característica especial es que tienen igualdad de prioridad de circulación que los de pasajeros y si llegan a presentar retrasos en alguno de los trayectos son manejables debido a que hay muy buenas herramientas tecnológicas para monitorear el movimiento tanto de los trenes de pasajeros como los de cargas. Ello se debe a que cuentan con un sistema operativo denominado "Rail Traffic Control", el cual funciona como un semáforo que a través de un sistema de luces controla el paso de los trenes por los diferentes tramos de la red.



Mapa 1.4 red ferroviaria del Canada
Fuente: Railcan (2015)

India

El sector ferroviario en la India está bajo la supervisión del Ministerio de los Ferrocarriles a través del Consejo de los Ferrocarriles de la India. El gobierno central administra, supervisa y dirige las entidades que proporcionan la mayor parte de los servicios ferroviarios en la India; también el Ministerio regula la actividad industrial en el país.

Es uno de los primeros países que construyó sus vías férreas; las que se nacionalizaron en el año 1951 y por tanto a partir de allí prácticamente todo el sistema ferroviario se volvió parte del gobierno de la India. Actualmente el sistema se rige por una ley de ferrocarriles del año 1989, que reemplazó a la antigua ley de ferrocarriles de año 1890.

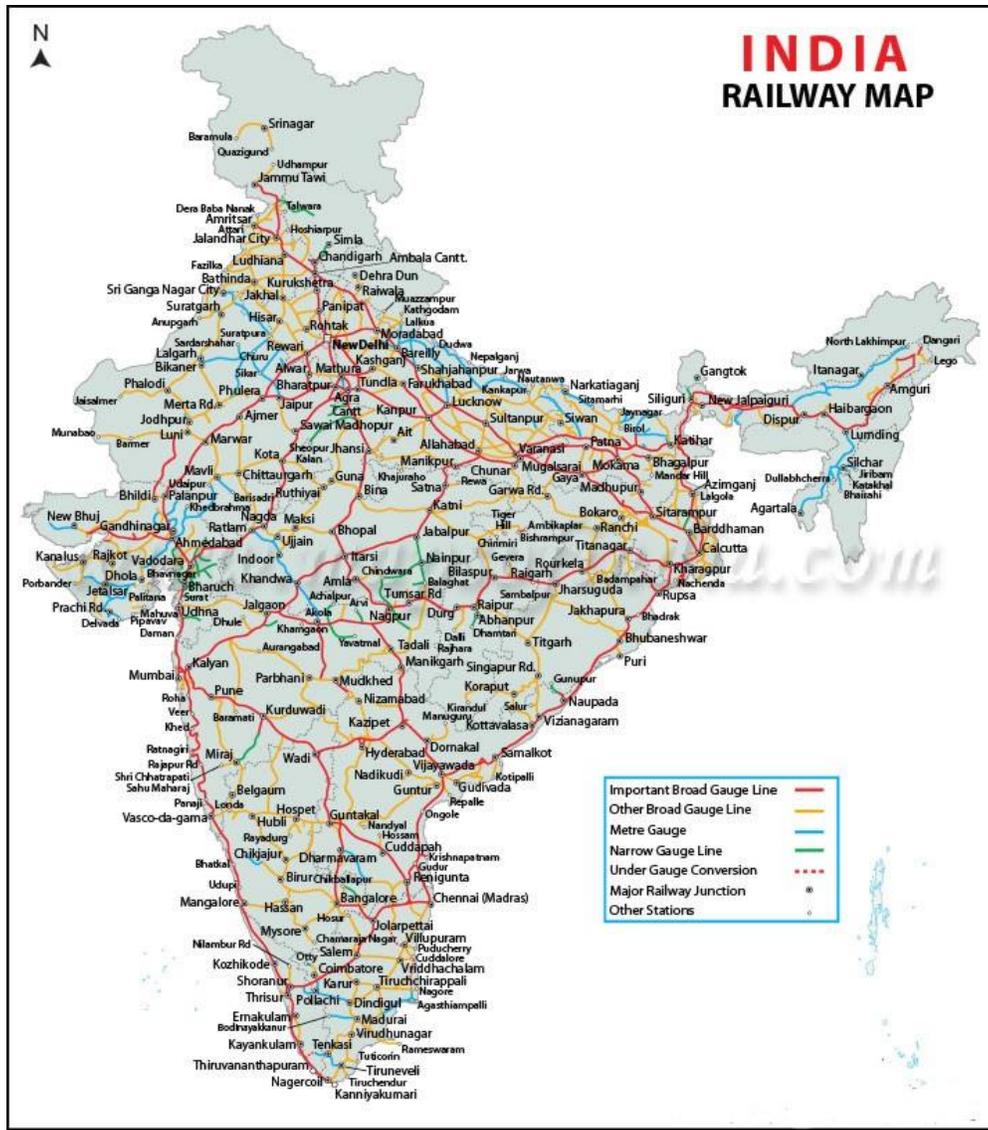
El sistema de funcionamiento está conformado por 16 autoridades zonales, distribuidas geográficamente; cada autoridad zonal gestiona su propia red, con autoridades locales. El Ministerio regula los presupuestos, las normas generales y las tarifas.

Se lo llama Indian Railways. Prácticamente el ferrocarril es el medio de transporte interurbano, tanto en pasajeros como en cargas. En el año fiscal marzo de 2017- marzo de 2018, Indian Railways transportó 8.260 millones de pasajeros y 1.160 millones de toneladas de carga. Casi el 58% de las rutas férreas están electrificadas, mientras que el 33% de ellos son de doble o multipista.

Indian Railway opera más de 20.000 trenes de pasajeros al día, tanto en rutas de larga distancia como suburbanas, desde 7.349 estaciones en toda la India. Los trenes desarrollan velocidades promedios muy variables: los trenes expresos alrededor de 50 kilómetros por hora, los trenes Premium entre 140 y 150 kilómetros por hora (Rajdhani Y Shatabdi Express), un tren entre Nueva Delhi y Jhansi desarrolla 160 kilómetros por hora y finalmente uno de semi alta velocidad entre Nueva Delhi y Varanasi desarrolla alrededor de 180 kilómetros por hora.

Indian Railways en el segmento de carga opera más de 9.000 trenes por día. La velocidad media de los trenes de mercancías varía entre 25 y 75 kilómetros por hora, pero también corre trenes de contenedores que llegan a desarrollar velocidades máximas de 100 kilómetros por hora.

También la empresa India Railways se dedica a fabricar locomotoras y vehículos para pasajeros en varios lugares de India; tiene una gran cantidad de empleados afectados a estas tareas y exporta material rodante a otros países del mundo.



Mapa 1.5 la red ferroviaria de india
 Fuente: es.maps-india-in.com/

1.3 La situación en américa latina

También resulta interesante para el estudio tener un estado de situación general de la situación de los ferrocarriles en América del Sur. Por ello y a continuación se presenta en el Cuadro 1.3 la situación de las redes ferroviarias en los principales países del sur del continente americano.

PAISES DE AMÉRICA DEL SUR:									
País	Vía Mixta km	Vía Estrecha km	Vía Estándar km	Vía Ancha km	TOTAL VÍAS km	Superficie km ²	Población Total hab	km ² / km vía	hab / km vía
Argentina		7 781	2 745	26 391	36 917	2 780 400	45 377 000	75	1 229
Brasil	492	23 342	194	5 822	29 850	8 515 767	211 420 000	285	7 083
Chile		3 854		3 428	7 282	756 102	19 374 000	104	2 661
Bolivia		3 960			3 960	1 098 581	11 635 000	277	2 938
Colombia		1 991	150		2 141	1 141 748	50 375 000	533	23 529
Perú		124	1 730		1 854	1 285 216	32 627 000	693	17 598
Uruguay			1 673		1 673	176 215	3 531 000	105	2 111
Ecuador		965			965	283 561	17 534 000	294	18 170
Venezuela			447		447	916 445	32 606 000	2 050	72 944
Paraguay			30		30	406 752	7 253 000	13 558	241 767

Cuadro 1.3

Argentina se ubica en América del Sur como la red ferroviaria con mayor extensión, ubicándose en segundo lugar Brasil; de todas formas como la primera posee algunos sectores sin operación, la mayor extensión de red operativa actualmente se da en Brasil.

Por otra parte, predomina la trocha angosta o estrecha en toda esta parte del continente americano, a pesar de que sigue siendo también importante la longitud de trocha ancha, en especial en Argentina.

Muchos de los países de América del Sur han abandonado en los últimos 40 años el cuidado de las redes que tenían construidas y operativas; por ello Uruguay, Chile y Paraguay recién se encuentran actualmente en una etapa de reconstrucción de gran parte de las mismas.

En el caso del Brasil se está transformando gran parte de su red con un cambio en la trocha, ya que se está pasando de la trocha estrecha a trocha mixta, inexistente para el continente (1,600 metros de ancho). Simultáneamente se impulsa el transporte ferroviario con vagones de hasta 100 toneladas, lo que la hace imposible de compatibilizar con el resto de las redes latinoamericanas; por ello si esto se consolida, sólo podrá complementarse la circulación desde y hacia Brasil del resto de los países si se establecen terminales de carga y descarga en las conexiones, siempre considerando que el resto del continente no desarrolle trazados con esas características.

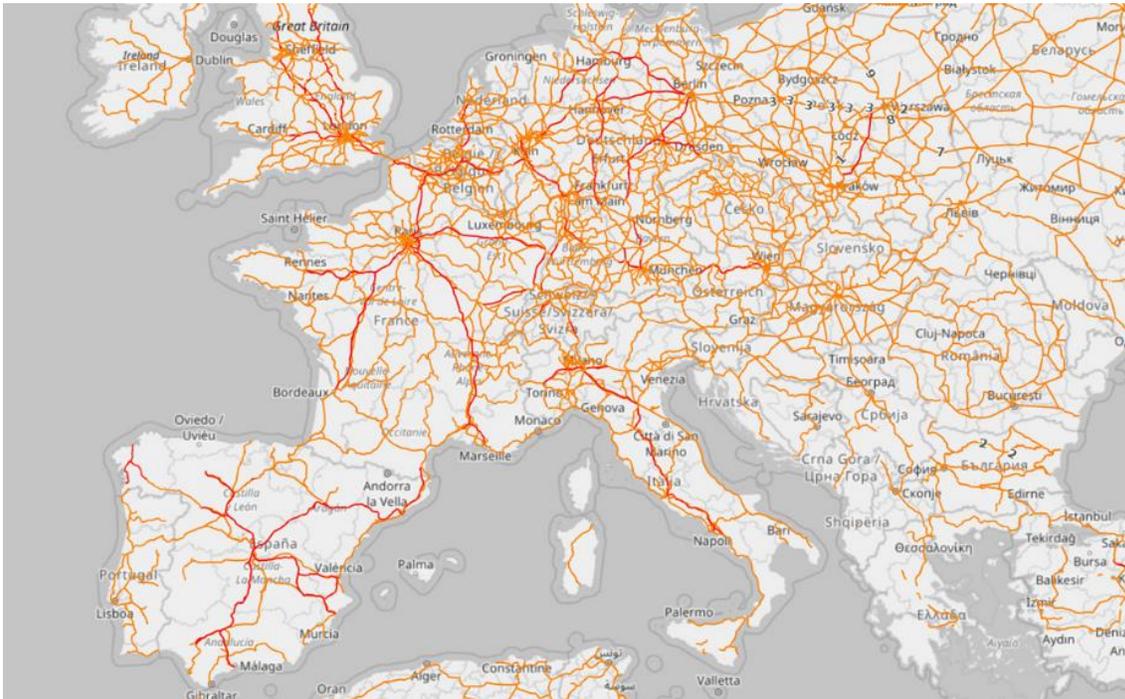
Argentina, si bien está recuperando actualmente muchos tramos de red, tiene en estos momentos muchos sectores que no han sido renovados desde hace muchos años; además gran parte de esa red se encuentra sin tráficos por lo que la red operativa se ubica aproximadamente en los 10.000 kilómetros de longitud.

Bolivia ha mantenido relativamente en actividad su red a través de dos sectores perfectamente identificados: la zona este y la zona oeste del país; puede decirse que en este caso operan dos empresas de carga que mantienen activos sus servicios.

El resto de los países latinoamericanos cuentan con pocos kilómetros de red en general en operación tanto para pasajeros como para cargas, a excepción del Uruguay que no tiene demasiada actividad actualmente y Paraguay que sólo tiene activo un ramal pequeño para el transporte de pasajeros.

1.4 La situación en Europa

Como se observa en el mapa adjunto la red total tiene un importante desarrollo, dentro del cual se destaca la red de alta velocidad en especial en los países del oeste de Europa. En general une las más importantes ciudades de esos países, lo que permite en esos casos tener competencia con el medio aéreo en el transporte de pasajeros.



Mapa 1.6: red ferroviaria de Europa
Fuente: el espanol.com

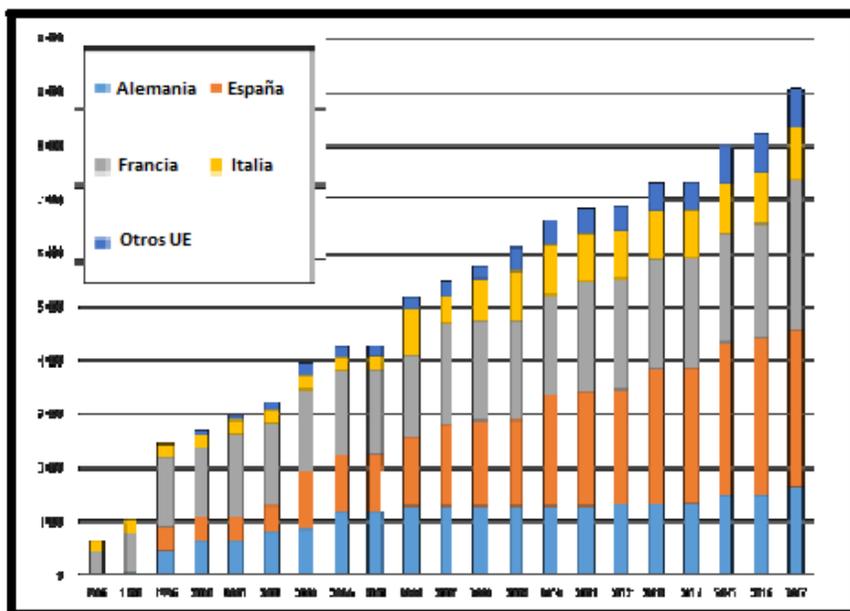
En el cuadro siguiente se presenta la situación desagregada para los principales países de Europa; en el mismo se observan las longitudes de las redes ferroviarias de cada uno de ellos, datos referidos principalmente a países de la zona central de ese continente. En general, las líneas férreas que se desarrollan en dicho sector del mundo tienen preponderancia para los servicios de pasajeros, y como se observa tanto para trenes locales como regionales. La red de cargas está comenzando actualmente a ser tenida en cuenta, pero sin dudas es secundaria respecto de la de pasajeros.

País	Vía Mixta km	Vía Estrecha km	Vía Estándar km	Vía Ancha km	TOTAL VÍAS km	Superficie km ²	Población Total hab	km ² / km vía	hab / km vía
EUROPA	914	10 215	206 292	143 224	360 645	22 987 603	744 282 000	64	2 064
Rusia		957		86 200	87 157	17 098 242	146 712 000	196	1 683
Alemania		259	33 331		33 590	357 022	83 421 000	11	2 484
Francia		167	29 473		29 640	643 801	64 962 000	22	2 192
Ucrania			49	21 684	21 733	603 550	41 793 000	28	1 923
Italia		1 412	18 770		20 182	301 340	60 346 000	15	2 990
Polonia			18 836	395	19 231	312 685	38 383 000	16	1 996
Reino Unido			16 534	303	16 837	243 610	67 180 000	14	3 990
España	190	1 239	2 571	11 333	15 333	505 370	47 183 000	33	3 077
Suecia		65	14 062		14 127	450 295	10 366 000	32	734
Rumania		427	10 781	60	11 268	238 391	19 237 000	21	1 707

Cuadro 1.4 Redes ferroviarias de Europa

En este caso, Alemania, Francia, Italia, Polonia, Reino Unido y España prácticamente tienen afectadas sus redes al transporte de pasajeros, en gran parte con trenes de alta velocidad.

Londres, París, Milán, Roma, Madrid, Barcelona Sevilla, etc, son ciudades de Europa que están conectadas por este tipo de servicios. En el gráfico siguiente se presenta la participación de los países un función de los años.



Red de alta velocidad de Europa
Fuente: structuralia.com

Actualmente se están utilizando 9.000 kilómetros de líneas de alta velocidad, y según datos del 2018 había 1.700 kilómetros más en construcción; se estima que desde el inicio de la construcción hasta su puesta en operación en Europa pasaron más de 15 años; la Unión Europea ha invertido alrededor de 23.700 millones de euros en infraestructura ferroviaria de alta velocidad desde el año 2.000. De todas formas, no existe en la Unión Europea un plan realista a largo plazo, sino un sistema fragmentado de líneas nacionales conectados, pues la Comisión Europea no tiene herramientas legales para forzar a los estados miembros a hacer determinada inversión según necesidades integrales.

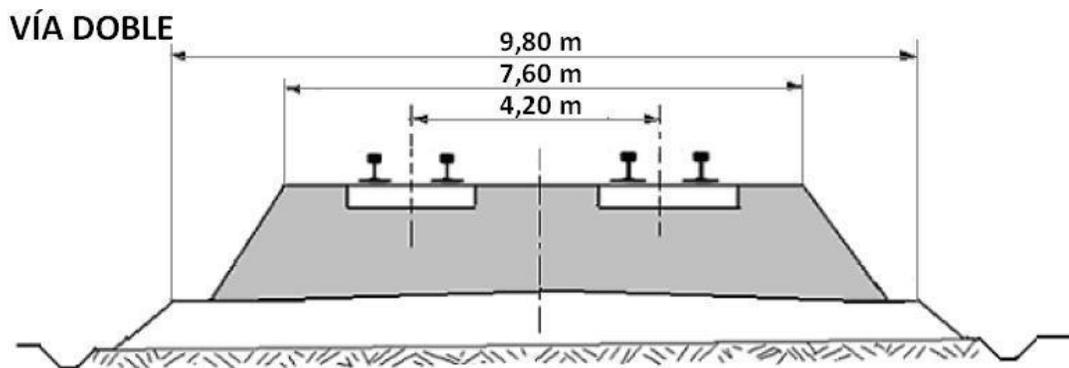
2. Infraestructura de vía: materiales

La vía férrea es el elemento a partir del cual circulan todo tipo de trenes, ya sea de pasajeros o de cargas. La relación entre la rueda de los vehículos y el riel es la que garantiza una adecuada circulación de las unidades; éste a su vez se apoya sobre la superestructura y la infraestructura del tramo.

Por ello la vía no sólo debe guiar al material rodante, sino también soportar las fuerzas verticales, horizontales y longitudinales y transmitir esas fuerzas a la superestructura (riel, durmiente, fijaciones y balasto) para garantizar confiabilidad y seguridad en la circulación de los trenes.

Estos aspectos son en los que permanentemente se está avanzando en tecnología para tratar de mejorar y modernizar el sector, incorporando el equipamiento y los materiales que permiten además ahorrar tiempos y costos en la ejecución de estas obras de infraestructura.

De entre los aspectos relacionados con el tema, en este capítulo se trata el material a ser utilizado en las obras de vía, en base a las normas existentes en cada caso y las mejoras que se van produciendo a lo largo del tiempo. El perfil de un tramo de vía típico se representa a continuación:



A partir de ello, se describen aspectos relacionados con la infraestructura de vía y cada uno de los elementos que la componen.

2.1 Distintos tipos de vía

La vía con durmientes de madera y balasto existe desde los inicios del mundo del ferrocarril; sin embargo el nivel de mejoras técnicas a lo largo del tiempo ha ido modificando los componentes principales. Las innovaciones que se fueron introduciendo tuvieron un alto impacto técnico y económico por los miles de kilómetros de vía de esta tipología que aún hoy existen en todo el mundo. Se describen más adelante los materiales que la componen, al igual que los que se utilizan para las vías en placa, tecnología más moderna para la circulación de trenes; además se presentan los avances que se vienen produciendo en este tema.

Básicamente la vía en placa se comenzó a utilizar en zona urbana y como alternativa al uso de balasto; garantiza mejores condiciones de comportamiento para la infraestructura en base a la calidad geométrica ofrecida y requiere un mínimo de mantenimiento; pero por el contrario, la vía en placa es más costosa que una vía tradicional de balasto. Consta de una placa de hormigón que transmite a la plataforma tensiones uniformemente distribuidas y de menores valores que las construidas con balasto.

Esta diferencia de costos hace que en general la vía en placa sea un sistema menos competitivo, aunque durante las últimas décadas hayan aparecido un gran número de estudios e investigaciones acerca de las bondades de este sistema.

2.2 Los materiales que componen los tramos de vía

Para la construcción de un tramo de vía tradicional se colocan sobre la infraestructura portante el balasto, los durmientes, los rieles o carriles, las fijaciones, los aparatos de vía y en muchos casos se aplican mecanismos adicionales como la soldadura de rieles.

Pero en los últimos años y básicamente producto del desarrollo de trenes de alta velocidad y de la construcción de algunos metros en importantes ciudades se ha ido reemplazando el uso de vías con el formato tradicional por muchos tramos de vías en placa que son más costosos pero que tienen mejoras en velocidad y seguridad para los traslados.

En este trabajo se describen tanto los materiales utilizados para las vías tradicionales como para las vías en placa.

2.3 Rieles

Los rieles se disponen como una de las partes fundamentales de las vías férreas y actúan como soporte y dispositivo de guiado de los trenes. La característica técnica más importante del ferrocarril es el contacto de la rueda con pestaña y el riel, siendo sus principales cualidades su material, forma y peso.

Los rieles que se utilizan en Argentina son 100% importados de varios países del mundo: España, China, Brasil entre otros. En nuestro país en la década del 50 funcionó una fábrica de producción de rieles, la que dejó de operar a fines de la década del 80.

Para realizar el montaje se superponen los rieles sobre los durmientes y se unen entre sí mediante eclisas y bulones, sujetándose al durmiente mediante algún sistema de fijación; se fabrican por la laminación del acero en bruto a partir de perfiles requeridos, y en general se cortan en tramos de 18 a 288 metros de longitud.

Se colocan en función de las distintas trochas, alineados y nivelados en su conjunto; en las vías modernas se quitan las eclisas y bulones y se las reemplaza por uniones soldadas; ello permite eliminar juntas, sector en el cual se producen los mayores desgastes.

La función de los rieles es resistir directamente y transmitir posteriormente las tensiones que recibe del material rodante que circula sobre ellos, al resto de los elementos que componen la estructura de la vía. También en el caso de los servicios electrificados, sirven de conductores de corriente eléctrica utilizada para la señalización y la tracción en esas líneas.

Los rieles cumplen normas internacionales basadas principalmente en su uso, su composición química y su resistencia a la tracción. Principalmente hay normas europeas y americanas, pero también en general las empresas productoras asiáticas para sus ventas se ajustan a las normas establecidas en esas reglas, a pesar de tener también sus propias normas. De todas formas, cada país, en función de dichas normas internacionales, se adapta a una de las previamente mencionadas y define las propias.

Este es el resumen de los principales tipos de rieles ferroviarios y las normas existentes:

TIPO DE NORMA	PRINCIPALES TIPOS DE RIELES PARA FERROCARRIL
EUROPEA	39E1, 45E3, 45E1, 46E2, 49E1, 49E5, 50E6, 54E1, 54E3, 54E4, 60E1 Y 60E2
AUSTRALIANA/BRITANICA	AS60 Y AS68
RUSA	R50 Y R65
CHINA	50 Y 60
AMERICANA	90ARA-A, 100RE, 115R ER8, 115RE R10, 119RE, 132RE, 136RE R8, 136RE R10, 141AB Y 100B
ASCE	85AS

El riel largo soldado permite no sólo el ahorro de eclisas y pernos sino también asegura la continuidad eléctrica, lo que permite mejorar tanto la señalización y el retorno de tracción como el confort; por otra parte, aumenta la vida útil de los mismos, disminuyendo sus costos de conservación. También reduce el número de averías del riel, especialmente en los agujeros de las juntas, disminuye la resistencia a la rodadura y también mejora la duración de los durmientes, especialmente de los de hormigón.

Actualmente en el mundo hay varios países proveedores de rieles, de entre los que se destacan China, España, Gran Bretaña, Canadá y Estados Unidos. Tanto en China como en España hay varias empresas de elaboración de aceros que se dedican a fabricar rieles, tanto para aplicaciones

ferroviarias como para otros usos, por ejemplo grúas y guías. Estos rieles son comercializados hacia los países consumidores, realizando las travesías de transporte en barcos.

Las empresas proveedoras van mejorando año a año la fabricación incorporando nuevas tecnologías y materiales que los hacen más competitivos en el mercado mundial. En Argentina no se producen rieles y por ello son importados de esos países. En líneas generales se usan rieles UIC 54, de trocha ancha, cuyas características técnicas son: masa: 54,77 kg. /m, área: 69,77 cm², cabeza: 278,7 cm³, base: 311,2 cm³ y eje: 59,9 cm³.

En Anexo 1 se presentan las principales factorías del mundo y algunos detalles de fabricación de cada uno de ellos.

2.4 Durmientes

En este caso y desde el inicio de los servicios ferroviarios, los durmientes han sido de madera, ya que durante muchos años en el mundo se utilizó la madera de los árboles para elaborar dichos insumos. A partir de que se consideró que este tema afectaba al medio ambiente, se comenzaron a investigar y producir otros tipos de durmientes y de a poco se van reemplazando por tres diferentes materiales:

- Durmientes metálicos
- Durmientes de hormigón
- Durmientes de plástico

2.4.1 Durmientes metálicos

Son de escaso desarrollo en la actualidad; sólo en muy pocos países se realizaron en los últimos años estudios y se construyeron durmientes metálicos, buscando obtener una adecuada área de apoyo y mejorar las resistencias a los desplazamientos longitudinales y transversales. Son habitualmente de tipo monobloque y su perfil, ya definido por la experiencia, tiene forma muy particular.

Como se indicó no se producen demasiado actualmente, y sólo se utilizan en aplicaciones muy especializadas y en pocos países; están manufacturados a partir del acero y bajo procesos de fundición, lo que los hace muy frágiles, no habiendo dado resultados aceptables en los últimos años. Los ferrocarriles hindúes son de los pocos que poseen durmientes de este tipo en dimensiones importantes y colocados en la vías.

2.4.2 Durmientes de hormigón

Han sido los que mayormente están reemplazando a los de madera y ya se están utilizando desde hace muchos años. Existen distintos tipos de durmientes de hormigón y están siendo utilizados no sólo para vías por las que circulan trenes convencionales de pasajeros y de carga sino también

para el caso de circulación de trenes de alta velocidad y en algunas travesías urbanas como las del metro.

También en Anexo 1 se desarrolla este tema con mayor detalle y se presentan las distintas experiencias de los últimos años en esta materia.

2.4.3 Durmientes de plástico

Son los más recientes en cuanto a su aparición para su aplicación en el sistema ferroviario. Se construyen a partir del reciclado del plástico y del caucho de neumáticos, teniendo condiciones favorables de desarrollo en un futuro no muy lejano; es más, en algunos países como Estados Unidos de América han sido instalados desde hace años en gran parte de la extensión de la red férrea. Otros países como Alemania también están dedicando gran parte de su investigación al desarrollo de este tipo de productos.

En el mismo Anexo 1 se presentan los principales avances en este tipo de insumos ferroviarios.



Durmiente de Plástico

Durmiente de Hormigón

Durmiente metálico

2.5 Balasto

Es la piedra tamizada que se coloca en los intersticios y que tiene varias funciones que aseguran una adecuada transitabilidad de las formaciones de todo tipo de trenes. La necesidad de ir reemplazando el balasto con el tiempo por deterioro y problemas relacionados con el tema ambiental, hace necesario buscar alternativas para su sustitución a lo largo de la vida útil en los trazados existentes y a construir.

Una primera posibilidad de solución es el reemplazo por mecanismos habituales del balasto que ya tiene la obra existente; esto es sacar dicha piedra y colocar otra extraída de canteras en origen y bajo tratamientos específicos en cuanto a calidad, tamaño y forma.

En el caso de Argentina y como hay reservas suficientes de este tipo de materiales, la producción local puede abastecer sin problemas y por los próximos años este producto; áreas como la provincia de Corrientes, la de Buenos Aires y algunas provincias cercanas a la Cordillera de los Andes garantizan el abastecimiento de estos insumos por muchos años.

Toma especial importancia por un problema de costos que las canteras se encuentren lo más cercanas al lugar de ejecución de las obras, pero también que la calidad del material sea acorde

con las necesidades del proyecto y que la extracción de estos productos no afecte al sistema ambiental.

Es por ello que en Europa y el resto del mundo se están planteando distintas alternativas de uso de balasto que incorporan nuevas tecnologías a efectos de resolver los temas expuestos y que complementan el balasto producido en las canteras con procedimientos alternativos.

Por otra parte, en los últimos años se ha utilizado con mayor intensidad en el transporte ferroviario urbano la vía en placa, que no requiere el uso de balasto pues lo reemplaza por placas de hormigón continuas. Es un sistema constructivo de mejor calidad técnica que el que utiliza balasto pero de un costo sensiblemente mayor.

Con referencia a los avances tecnológicos detectados respecto del uso del balasto se pueden mencionar:

a) Reciclado del balasto.

Consiste en recuperar el material extraído de la obra en áreas de reciclado para luego fabricar balasto in situ mediante el uso de trituradoras móviles, lo que se traduce en una mejora considerable en la productividad.

A pesar de ello, este mecanismo genera algunos inconvenientes tales como que no garantiza la eficiencia energética deseada, presenta una cantidad de material de desecho que incrementa los costos y genera la creación de micro fisuras durante el proceso a que se somete el material en la trituración de los bloques.

b) Producción balasto a partir de hormigones especiales debidamente triturados

Este método consiste en elaborar morteros de alta resistencia con determinadas geometrías, a los efectos de conformar el denominado "Balasto artificial". Las experiencias obtenidas hasta la fecha permitieron mejorar la resistencia y la dureza superficial de los elementos. Se ejecuta a partir de hormigón auto compactante y se tritura con tamaños de entre 4 y 8 milímetros.

El sistema consiste en la prefabricación con moldes abiertos del hormigón fresco dentro de cada uno de los mismos, los que se preparan desde la parte superior y carecen de tapa o cierre. Una vez que se ha vertido el hormigón se procede a su compactación, bien mediante el vibrado del molde o bien mediante un sistema de compresión del hormigón.

En síntesis, lo que se busca es generar balasto partiendo del principio de que el hormigón es una roca artificial que puede ser moldeada en función de las necesidades estructurales y funcionales. Un claro ejemplo de esto es la gran variedad de elementos prefabricados que tienen infinidad de formas y tamaños, así se obtienen además de las piedras para balasto desde adoquines hasta placas alveolares.

c) Preparación de balasto a partir de caucho reciclado, poliuretano y piedra (Neobalast).

Este tipo de material artificial denominado “Neobalast” se está produciendo a partir de tres materiales: el caucho reciclado, el poliuretano y la piedra que conforma el balasto. El producto se obtiene a partir de rodear el grano de balasto de un ligante que garantice que el caucho triturado se adhiera a la superficie de la piedra generando un nuevo grano que resiste mejor la abrasión y aumenta la vida útil del mismo.

La investigación se centra en la búsqueda de una mayor resistencia de estos materiales, combinada con el incremento de la dureza superficial. Pero, por otra parte, también se busca un equilibrio entre la viabilidad técnica y la económica para su producción masiva. Este material pretende también alargar la vida útil del balasto, mejorar sus prestaciones anti vibratorias y frente al ruido, corregir geométricamente la vía mediante bateo, además de reducir el impacto ambiental por uso de material procedente de canteras.

Esto conlleva a una mayor durabilidad de la vía y por consecuencia el menor costo de mantenimiento, permitiendo además conservar la permeabilidad de la capa de balasto para escurrir mejor el agua de lluvia.

2.6 Sujeciones de vías: fijaciones y eclisas

Las fijaciones son un conjunto de componentes que asegura el riel a la estructura portante de la vía (durmiente) y lo retienen en la posición requerida, a la vez que impiden o permiten parcialmente los movimientos verticales, transversales y longitudinales necesarios; asimismo, absorben y/o transmiten al durmiente las cargas producidas por el tráfico ferroviario.

Son elementos altamente resistentes, tienen el menor número de piezas posibles, son de fácil montaje y desmontaje a pesar de lo cual no comprometen la resistencia requerida. Tal vez estos son los elementos que más van evolucionando permanentemente a los efectos de lograr mejores niveles de sofisticación y seguridad en los trazados.

Históricamente estas fijaciones eran clavos y tornillos adosados a los durmientes de madera; luego aparecieron los tirafondos, los tornillos de anclaje y los clavos con resortes. Con el reemplazo de los durmientes de madera por hormigón comenzaron a aparecer las fijaciones elásticas, las que fueron evolucionando hasta la actualidad con elementos muy sofisticados.

En estos momentos hay gran cantidad de tipos de fijaciones, de acuerdo a las características de la vía y a las condiciones de seguridad de la misma. Estos productos en general son importados de países de Europa y Asia, donde hay varias empresas líderes en la fabricación de éste tipo de elementos, radicadas en Francia, Alemania, China, etc, entre las más importantes.

Se mencionan en Anexo 2.1 algunos productos que están hoy en el mercado referidos a este tipo de materiales y sus empresas respectivas.

Por otra parte, las eclisas son perfiles metálicos que ajustan los rieles entre sí y longitudinalmente a través del alma de los mismos y permiten que al unir dos rieles sucesivos evitar la discontinuidad de las denominadas juntas; De acuerdo con el grado de funcionalidad de la juntas, éstas puede ser mecánicas, aislantes o aislantes pegadas.

También hay distintos tipos de eclisas; algunas tienen un diseño que permiten abrazar el pie si fuera necesario, permitiendo una colocación especial de sujeciones; una eclisa de diseño muy particular es la denominada “eclisa de compromiso o de transición” que sirve para vincular los rieles de diferentes tipos (tal como por ejemplo el U54 con el U50).

Están elaboradas con un acero que se corresponde con el del riel, sin embargo, suelen emplearse otros materiales diferentes al acero, como es el caso de las bridas para juntas aislantes, las cuales se confeccionan con una madera especial tratada, denominada “permaglas”.

2.7 Aparatos de vía

Los aparatos de vía permiten el cruce y la ramificación para la circulación de los trenes; por ello se distinguen varios tipos de aparatos de vía: los desvíos, que permiten a un itinerario ramificarse en dos o más vías, las travesías que generan la intersección de dos itinerarios y los cruzamientos que son lugares donde dos vías se cruzan, pero sin posibilidad de cambiar de una a otra.



Vía de tranvía urbano

Desvíos de trenes

Estos mecanismos aseguran la prestación de los servicios en distintas combinaciones, pues permiten realizar diferentes maniobras y estrategias asociadas a la circulación de los trenes. Los aparatos de vía también han venido sufriendo distintas modificaciones en los últimos años, producto no sólo de los avances tecnológicos en temas mecánicos sino también por mejoras de carácter informático.

3. Infraestructura de vía: equipamiento para su construcción

3.1 Técnicas constructivas

En este capítulo se describe la operatoria para la construcción de vías y otras áreas del sistema ferroviario y las innovaciones tecnológicas que se han venido produciendo a lo largo de los últimos años.

En principio deben destacarse dos mecanismos para la construcción de estos sistemas: uno que se ha venido aplicando desde los inicios y que es el que se genera a partir de mano de obra intensiva y escaso equipamiento; el otro es el más moderno y que de a poco va sustituyendo la acción humana por máquinas que incorporan tareas integrales para su resolución. En el intermedio hay una combinación de acciones que permiten sin sustituir la participación humana complementar muchas tareas con equipos sofisticados.

Se trata aquí de describir el equipamiento para cada una de ellas, entendiendo que cada solución debe ser tratada con la estrategia más adecuada y que si bien lo automático va reemplazando de a poco a la participación humana, cada país va evaluando los distintos mecanismos, ya que una de las necesidades detectadas para los países es generar mano de obra intensiva y por ello, deben equilibrar esa decisión con el uso del equipamiento más sofisticado.

3.2 Distintos procedimientos aplicados

Históricamente la construcción de vías se basó en que todas las tareas posibles a encarar se hicieran en terreno y a través de cuadrillas in situ. Así desde la colocación de los durmientes, la vía y sus fijaciones y el relleno de balasto fueron realizadas por tramos y con ese mecanismo. Si bien esto requirió originalmente de algunos equipos, estos fueron mínimos y acotados por tareas.

Pero poco a poco se fue reemplazando la mano de obra intensiva; entonces aparecieron máquinas que realizaban tareas puntuales de construcción, las que a su vez actualmente van siendo reemplazadas por máquinas que realizan múltiples funciones que abarcan integralmente la mayoría de las etapas de construcción de vías.

Por ello, se presentan a continuación los distintos equipos para tareas puntuales; estos son fabricados por diferentes empresas, en su gran mayoría europeas, americanas y chinas. En general los datos presentados en este documento fueron extraídos de los catálogos de dichos equipos.

Así se ha recolectado información de empresas importantes de este rubro a nivel mundial, tales como Robel (Alemania), Colmar CAT (USA), Goldsmith (Alemania), IMF (España), Plasser & Teuler

(Austria) , etc.; de todas formas, la mayoría de estas empresas tienen filiales en todo el mundo y muchas de ellas representantes en Argentina.

3.3 Máquinas y herramientas

Las principales máquinas y herramientas para uso ferroviario en este caso son:

3.3.1 Cargadoras

Son equipos que permiten la ubicación de los tramos de rieles y durmientes pre elaborados o no en gabinete; hay muchas marcas en el mercado que producen este tipo de equipos, que además tienen otros usos diferentes dentro del campo la construcción



Máquinas cargadoras Colmar

3.3.2 Máquinas taladradoras

Se utilizan para todo tipo de perforaciones in situ; son para trabajos de perforación más rápidos y eficientes de perfiles de rieles; en general las actuales presentan una reducción significativa de ruidos y vibraciones respecto de las más antiguas. Además tienen bajo consumo del refrigerante que alojan en depósitos, siendo una ventaja de las más recientes que cuentan con un avance manual que permite una fácil manipulación para que las maneje un solo operario.

Están accionados mediante baterías eléctricas, y perforan rieles con cero emisiones, posibilitando hasta 100 perforaciones por ciclo .A través de programas registran datos de la máquina, tales como el número de orificios, el rastreo de mediante GPS, la marca de tiempo por orificio, la indicación de los intervalos de mantenimiento, los estados de la batería y las horas de uso la máquina.



Taladradora Robel



Taladradora Goldschmidt

3.3.3 Distintos tipos de sierras para corte de rieles

Se utilizan para el corte de rieles en terreno; en general son de alta resistencia y de mucha precisión; permiten un exacto punto de corte y ahorros en los tiempos de corte; son de fácil arranque y seguras para encarar los trabajos en terreno.

En algunos modelos el tensado de la correa trapezoidal no requiere desmontaje de la cubierta; otros gracias a su manivela, ofrecen una ergonomía mejorada y una protección óptima, junto con resultados precisos y son reversibles.

Existen también maquinarias para el aserrado económico de rieles de alta resistencia con potente motor eléctrico, funcionamiento silencioso, libre de emisiones y pobre en vibraciones. Funcionan sin chispas y mediante tecnología a base de baterías que garantiza una disponibilidad permanente.



Sierra Robel



Sierras Goldschmidt



3.3.4 Máquinas esmeriladoras para contorno de la cabeza del riel

Reperfilan las juntas de soldadura de forma fácil y precisa para un mejor acabado de esmerinado en un mínimo de tiempo; ese acabado de máxima precisión se logra con independencia de la experiencia del esmerilador, en algunos modelos son muy livianas, lo que permiten una fácil manipulación.

Tienen un controlador lógico para el avance de la copa de muela, en general poseen potentes motores, bajos costos de mantenimiento, menor desgaste de la muela y algunos modelos un flujo de aire que desvía el polvo y las chispas hacia abajo. Algunas generan un esmerilado de gran precisión, y son compatibles para todo tipo de perfiles de riel; pueden ser usadas también para reperfilar y desbarbar todo el conjunto de las agujas de riel; la gran mayoría de ellas también pueden usarse en túneles y pasos a nivel y en general son manejadas por un solo operario.



Esmeriladora Robel



Esmeriladora

3.3.5 Esmeriladora para perfilado de rieles

Esta máquina permite reperfilar precisa y sencillamente las cabezas y juntas de carril después de realizar obras de soldadura de reparación, de recargue y de unión en las caras activas y superficies de rodadura de los rieles

Produce una protección óptima del medioambiente y del operario; el bastidor resistente garantiza una mayor vida útil y mínimos periodos de inactividad para el operario; el motor tiene mayor vida útil así como también la piedra de amolar. Tiene bajas emisiones de calor y buen ahorro de energía gracias a su motor hidráulico

3.3.6 Tensores de carriles

Existen herramientas para tensar, presionar y mantener el carril en longitud neutra durante el proceso de soldadura. Tienen un manejo seguro gracias a sus componentes y sus bloques de centrado, máximo de 33 kilogramos por componente

Producen grandes ahorros de tiempo gracias al montaje sin herramientas y sin dispositivo de elevación y están diseñados para no invadir el gálibo, lo que permite circular los trenes por encima una vez montados.



Esmerilador



Tensores Robel

3.3.7 Máquina clavadora universal

Aprieta y afloja de manera fácil y rápida todas las uniones atornilladas en la vía. Tiene máxima precisión de manejo y gran estabilidad. Se puede utilizar para todo tipo de superestructura y ancho de vía.

Controla el atornillado electrónicamente dentro de los valores ajustados y el proceso de atornillado finaliza automáticamente; tiene mínimo desgaste del material e iluminación óptima del área de trabajo

3.3.8 Máquina hidráulica de levante de vía con dispositivo de ripiado

Esta herramienta se usa para levantar, rpiar y girar la vía o parejas de vía en trabajos de nueva construcción o reparación. Permite levantar y colocar ripio en pares de vía enteras en una sola operación, es potente, tiene larga vida útil y es silenciosa. Fácil de transportar y posicionar; tiene un puesto de mando ergonómico con protección contra la intemperie y válvulas de seguridad que evitan la caída de la carga. Cuenta con un quitapiedras que mantiene libre la superficie de rodadura



Máquina Robel

3.3.9 Atornilladora de impacto

Herramienta para aflojar y apretar las uniones roscadas de los rieles; se aplica en trabajos verticales y horizontales y posee aislamiento de las vibraciones por medio de empuñaduras acolchadas. El motor hidráulico es potente y de alta eficacia, teniendo una empuñadura oscilante que permite trabajar de forma cómoda.

3.3.10 Bateadora manual vertical a batería

Batea y compacta el balasto para corregir de forma duradera los errores de nivelación. Compactación óptima del balasto debajo del durmiente y registra mínima vibración en la mano-brazo. Posee herramientas de bateo intercambiables



Atornillador



Bateadora

3.3.11 Conductores calefactores

Los conductos calefactores de regulación automática son aparatos que se colocan entre los rieles para difundir calor, siendo una tecnología muy rentable en zonas de hielo, brindando las siguientes ventajas: poseen regulación automática del consumo de energía en función de la temperatura exterior, no requieren intervención humana durante su funcionamiento, el funcionamiento no entorpece a las bateadoras, brindan ahorro de costos y energía y son de montaje sencillo



Calefactor

3.3.12 Sistema de lubricación de rieles

Este producto es un dispositivo de lubricación inteligente idóneo para disminuir el desgaste y las emisiones acústicas de los carriles. El lubricante se dosifica según las necesidades mediante una unidad de control inteligente, lo cual se traduce en una gran rentabilidad; es compatible con cualquier perfil de riel, está equipado con un módulo solar que garantiza un suministro eléctrico autárquico y de bajo consumo energético y se puede utilizar tanto en áreas urbanas como extraurbanas, con instalación rápida y sencilla.



Lubricadora Goldschmidt



Máquina Robel

3.3.13 Sistema para cruzar carriles

Este sistema es un método rápido, seguro y eficiente para la sustitución de carriles de barra larga. Tiene un rápido montaje y desmontaje y es ideal para vías únicas o zonas de difícil acceso

Hasta aquí se incluyó según catálogo una descripción de algunas de las herramientas disponibles para trabajar en el terreno en la construcción de vías ferroviarias.

3.4 Sistemas integrados de trabajo

Pero como ya se ha expresado se presentan a continuación otros sistemas de trabajo que incorporan y automatizan varias de estas tareas a través de trenes de trabajo; estos productos también son fabricados actualmente por varias empresas en el mundo y por ello sólo se presentan algunos ejemplos significativos.

3.4.1 Trenes de carga y transporte de rieles

Es un vehículo que transporta y coloca los rieles de forma rápida, segura y con calidad desde la planta de laminación a la vía. Posee moderna tecnología de

carga y descarga y lo puede hacer hasta con rieles de barra larga (120 metros); conserva la calidad de los carriles durante el transporte y tiene una adecuada velocidad de carga/descarga. Requiere mínima dotación de personal y permite la circulación de trenes por la vía contigua.

El operario controla todas las grúas desde una posición segura. Los vagones son de plataforma estándar, tiene elevada seguridad pues se opera desde un telemando y por radio y posee una limitación de giro integrada para no invadir la vía contraria abierta.



Equipo Robel



Carga rieles

3.4.2 Vehículo tractor para mantenimiento de vías

Es un vehículo universal para el mantenimiento de vías de última generación, con múltiples posibilidades de combinación. Permite el transporte seguro de personal, de materiales y de equipos. Esta unidad autopropulsada compacta con poco peso propio y su elevada potencia que permite también su uso como vehículo de rescate para trenes de metro. Posee capacidad de tracción múltiple y es de fácil carga y descarga de personal y materiales.



Equipo Robel

3.4.3 Máquina bateador

Este vehículo posee entre otras herramientas un mecanismo que permite el bateo del balasto a medida que la máquina va atravesando el tramo de vía bajo trabajo



Equipo bateador I.M.F.

3.4.4 Máquina Multifunción

Equipo altamente sofisticado que requiere de tres operarios para su funcionamiento. Realiza simultáneamente todos los trabajos de mecanización y perfilado, tanto en cambios como en vía corrida

En una sola pasada trabajando en continuo realiza las siguientes operaciones: nivela, alinea, batea y estabiliza, según la geometría y grado de compactación requerido, aplicando la carga vertical necesaria con los grupos estabilizadores. También registra la geometría de la vía y la carga vertical aplicada en cada punto y perfila para lo que dispone de dos arados laterales, un arado central doble, una tolva de 5 metros cúbicos y una cubeta de alto rendimiento con tubos macizos.

Dispone de grupos de bateo independientes, pudiendo levantar y batear hasta un máximo de levante de 3000 mm y bateo hasta 2800 mm de la desviada. La máquina va equipada de 2 georadares, el delantero que analiza los tramos que se pueden nivelar sin levante, con el ahorro en balasto que esto supone y el trasero que registra el nivel de compactación realizado, pudiendo determinar la durabilidad de la geometría de la vía.



Equipo multifunción I.M.F.



Equipo para bateo I.M.F.

3.4.5 Reguladora y perfiladora de balasto

Esta máquina universal que cuenta con arados laterales, arado central, tolva de 5 m² y un dispositivo de barrido de alto rendimiento con tubos macizos de alta resistencia, permite el reperfilado del balasto en una vía continua. Puede operar con velocidades de hasta 90 kilómetros por hora, alcanza velocidades remolcadas de 100 kilómetros por hora y requiere de dos puestos de conducción para su operación.

3.4.6 Grúa para transporte y colocación de rieles

Estos equipos de fabricación china permiten el transporte y la colocación de los rieles sobre la infraestructura en forma totalmente automática. Constan de una grúa que va desplazándose a través del trazado y va depositando los tramos de vía ya armados sobre el terreno.

Tienen un rendimiento de más de 700 metros diarios de colocación de tramos con errores menores a 2 cms., levantan hasta 15 toneladas de vías armadas y van colocando los mismos en tramos de 25 metros.

3.4.7 Tuneladora para excavación de túneles

Este es otro de los equipos en los que se ha avanzado mucho en los últimos años; en este ejemplo se presenta una máquina tuneladora que tiene un diámetro de más de 15 metros, es de origen chino y tiene un peso de 4.000 toneladas; registra una riesgosa tarea de cavar 5 kilómetros de autopista subterránea de seis carriles a través de una zona donde se suelen producir terremotos.

Como comentario general puede decirse que los fabricantes alemanes lideraron el camino en la producción de tuneladoras gigantes (TBM) para uso en tales proyectos, pero recientemente las empresas chinas comenzaron a fabricar en ese país réplicas a través de licencias otorgadas de empresas de otros países.



Grúa china



Tuneladora china

La tuneladora de la imagen fue construida por la Compañía de Equipos de Ingeniería Ferroviaria de China, con la ayuda de ingenieros independientes de Alemania y presentada en el mercado a fines del 2017.

3.4.8 Constructora de puentes

Otro equipo significativamente novedoso es la máquina constructora de puentes, conocida localmente en China como "El monstruo de hierro". Es una máquina capaz de transportar, levantar y colocar secciones de vías, conectando pilares con pilares mediante pesados bloques de piedra.

SLJ900: "El monstruo de hierro"
Compañía China del Ferrocarril, Grupo 11

Peso: **580 toneladas**

Longitud: **92 metros**

Altura: **9 metros**

Velocidad sin carga: **8 km/h**

Velocidad con carga: **5 km/h**

Fuente: Compañía China del Ferrocarril, Grupo 11



Constructora de puentes china

Después de colocar cada sección, el vehículo de 92 metros, con la ayuda de sus 64 ruedas, retorna para recoger otro bloque. Luego rueda hacia adelante sobre la parte que acaba de poner para instalar otra sección. Cada rueda está en un bloque de rotación total de 16, lo que significa que también puede moverse hacia los lados.

Con 580 toneladas, la máquina es además mucho más pesada que el tráfico ferroviario que pasará por la vía que tiende, lo que significa que sus puentes son mucho más fuertes de lo necesario para el tráfico ferroviario.

3.5 Otros equipos utilizados

Existen sectores especiales de los trazados ferroviarios donde se utilizan determinados tipos de herramientas que se resumen a continuación

3.5.1 Playas de cargas

Además de lo expresado en cuanto a rieles y demás accesorios y equipamientos que conforman las playas de maniobras, en el caso de las playas toman importancia otros temas como la parte informática de seguimiento de trenes que serán evaluados en otros capítulos.

En el caso de equipamiento puede mencionarse el uso de balanzas ferroviarias que permiten controlar in situ las cargas que se incorporan a cada vagón a los efectos entre otros aspectos de evitar los sobrepesos en los ejes.

3.5.2 Estaciones

El diseño de estaciones depende de la zona y del entorno del ambiente que las rodea; de todas formas, en muchos casos, en especial en zonas periféricas de la ciudad, se trabaja con la instalación de módulos prefabricados que reducen los tiempos de instalación de las mismas. De todas formas, estos temas dependen también de los sistemas constructivos de cada país, y no son objeto de análisis en este trabajo.

Si se evaluará al igual que en el caso de las playas de cargas, todo lo relacionado con el acceso a personas con movilidad reducida y la señalética tanto fija como variable.

3.5.3 Talleres ferroviarios

El montaje de talleres requiere en líneas generales de todo tipo de herramientas que también se utilizan en otros procesos de fabricación de insumos en la industria y en la construcción. Por ello en virtud del alcance y de la amplitud del trabajo encarado, tampoco será parte de este análisis.

4. Los trenes

En este capítulo se presenta un detalle de cómo se está desarrollando el mercado referido a material rodante, ya sea para trenes de pasajeros como para trenes de carga. Sin duda que la evolución tecnológica de este tema se enfoca actualmente en la renovación de flota para el transporte de pasajeros, en virtud del avance que se ha producido en los trenes de alta velocidad en el mundo.

De todas formas, también el desarrollo de nuevas tecnologías en materia de locomotoras influye tanto en los trenes de carga como de pasajeros.

Históricamente se desarrollaron los trenes sobre ruedas, que hoy integran el mayor porcentaje de unidades en el mundo; no obstante ello, con el tiempo se fueron incorporando otros avances tecnológicos que fueron generando nuevos sistemas de funcionamiento de trenes.

Es así que aparecieron los trenes tipo monorraíl, de levitación magnética y otros y actualmente hay importantes avances en los trenes propulsados a hidrógeno, que reemplazarían al uso del carbón, del diésel y hasta de la electricidad.

A continuación se presenta un breve resumen de cada una de estas alternativas.

4.1 Trenes de pasajeros

Muchos de los servicios que hoy se realizan en zonas urbanas e interurbanas en el mundo son eléctricos; no obstante ello, en algunos países se mantienen servicios diésel lo que hace la necesidad del uso de locomotoras, tema que se analizará por separado.

Pero en este caso, el gran cambio se ha producido con los trenes regionales e interurbanos debido a las mejoras constantes en la velocidad y en el tiempo de viaje, y en virtud de ello en las nuevas tecnologías que se están comenzando a aplicar.

En este aspecto, se pueden dividir en tecnologías tradicionales con sistemas más sofisticados y otras más innovadoras como los trenes a levitación y magnetismo, entre otros. Si bien en la República Argentina se está muy lejos de avanzar en este tipo de soluciones, se entiende interesante conocer algunas características de estos avances.

4.1.1 Trenes a levitación

Este tipo de trenes denominados “Maglev” (magnetismo/levitación) consisten en asegurar la circulación a través de un mecanismo que a través de fuerzas magnéticas levanta los coches por encima de las vías, por lo que en este caso no hay ni fricción ni arrastre, lo que mejora la velocidad de circulación y el desgaste de materiales.

Ese ascenso se produce por la existencia de electroimanes, lo que también genera mejoras en el medio ambiente respecto de los viajes en tren impulsados tanto por el sistema diésel como por el eléctrico.

Este tipo de trenes ya existen desde hace varias décadas, y son más silenciosos y suaves que los trenes tradicionales, alcanzando velocidades extremas. A pesar de que en general no tocan la vía, no están completamente libres de ella, pues la vía es en forma de C y por ello los extremos de dicha C actúan como retenedores del “tren de aterrizaje” de los trenes.

A principios del año 2020, el tren Shanghai-Maglev que opera en China era el tren en operación más rápido del mundo, viajando a una velocidad máxima de 431 km/ hora y recorriendo los casi 30 kilómetros desde el Aeropuerto Internacional Pudong en Shanghai hasta la estación del metro Longyang en las afueras de esa ciudad.

4.1.2 Trenes monorriel

Este sistema en general es aplicado en trenes de corta distancia, y muchos de ellos se han desarrollado en zonas urbanas; son trenes que circulan sobre una sola vía central, por lo que frecuentemente se dificulta la construcción de desvíos y bifurcaciones.

De todas formas, históricamente los monorrieles han tenido problemas para realizar cambios de una vía a otra, pero actualmente los que están en funcionamiento son capaces de realizar dichos cambios mucho más eficientemente que en el pasado. En el caso de los suspendidos, el cambio se puede realizar moviendo las pestañas dentro de la viga para que los trenes puedan pasar de una vía a otra.

El mecanismo se realiza a través de vigas de múltiples segmentos que se mueven sobre rodillos y que se alinean suavemente unas sobre otras y por ello enviar el tren en la dirección deseada. Algunos de estos giros de vigas son bastante elaborados, capaces de conmutar entre varias vigas o incluso simular un doble cruce de vías de ferrocarril.

4.1.3 Trenes sobre ruedas

Este tipo de trenes, tanto en lo que se refiere a cargas como pasajeros, son los más utilizados a nivel mundial y se estima que por los próximos 20 años esta tendencia se mantenga, básicamente porque en cantidad de unidades totales mundiales representan más del 90% de las flotas de coches y vagones de pasajeros.

Existen al respecto dos tipos de coches en la actualidad: los diseñados para trenes que no superan los 200 kilómetros por hora y los contruidos para operar como componentes de trenes de alta velocidad.

Con respecto a los primeros, hay innumerable cantidad de tipos de coches construidos en el mundo, ya sea con tracción propia o impulsada por locomotoras, y para ser utilizados tanto en vías electrificadas como en servicios diésel.

A nivel urbano se puede generalizar que predominan en el mundo los servicios con coches para servicios electrificados, en su gran mayoría por catenaria. Pero a nivel regional o suburbano, la tracción diésel también tiene una importante participación en las formaciones de estos trenes.

Asimismo, a nivel interurbano, y siempre hablando de trenes de relativa baja velocidad, se pueden presentar servicios con coches de tracción propia (en general en Europa, Estados Unidos y Asia), y servicios impulsados por locomotoras (generalmente en los países menos desarrollados).

Las mejoras en la tecnología en todos estos casos pasan por el diseño de interiores (espacios y lugares de confort), de la estabilidad en la marcha y de la eliminación de vibraciones y ruidos ocasionados generalmente por las ruedas de los coches.

Hay gran cantidad de empresas en el mundo que se dedican a fabricar este tipo de unidades, especialmente en Europa, Asia, y en América (Estados Unidos y Canadá principalmente).

Con respecto a los trenes de alta velocidad, están actualmente en expansión, especialmente en Europa y en varios países asiáticos, donde sobresalen China y Japón. Son trenes que circulan a velocidades de más de 350 kilómetros por hora y que requieren no sólo de una infraestructura en excelente estado, sino además que las unidades que circulen tengan especiales efectos sobre la estabilidad y la aceleración y desaceleración de las formaciones.

Hasta hace alrededor de 10 años, estas unidades sólo se fabricaban en Europa y Japón, pero recientemente también China comenzó la fabricación de trenes de alta velocidad con tecnología propia, no sólo para su consumo interno sino también como manufactura de exportación.

Normalmente este tipo de formaciones se compone de una locomotora y entre siete y catorce coches que presentan un diseño aerodinámico especial; la cabina de conducción tiene una forma especial que permite mejorar el efecto del viento respecto de la velocidad.

También el diseño interior de estos trenes presenta un formato especial; por otra parte, las medidas de seguridad son extremadas en función de la velocidad que desarrollan.

En general son trenes que circulan por trocha media (1,400metros) y la cantidad de coches depende del tipo de servicios que ofrecen. Tienen altos costos de construcción y mantenimiento y en general compiten con la captación de pasajeros en corredores aéreos que unen ciudades de importante cantidad de habitantes.

4.1.4 Aerotrenes

Esta denominación se aplica a sistemas innovadores de equipos que circulan por encima de la infraestructura, en la mayoría de los casos impulsados por bolsones de aire comprimido que los

levantan de la superficie y los impulsan bajo este mecanismo. Suele confundirse este tipo de trenes con los monorraíles o los trenes de levitación magnética, pero en realidad son distintos sistemas técnicos, pues los primeros operan siempre sobre la superficie de circulación.

Por ello, el término aerotren se utiliza para aludir a todo vehículo carente de ruedas y que circula merced al efecto suelo logrado mediante la interposición de un colchón de aire comprimido sobre las guías.

Desde la década del 70 se han realizado numerosas experiencias en el mundo a los efectos de instalar esta modalidad, como por ejemplo en Bélgica y Francia; pero el avance de los trenes de alta velocidad en Europa y Asia ha detenido el desarrollo de este sistema de funcionamiento. También en Japón y Estados Unidos se han registrado investigaciones al respecto, sin que a la fecha circule ningún tren comercial con estas características en el mundo.

4.2 Trenes a hidrógeno

Cambiando el ángulo del análisis, es importante mencionar que una de las mejoras tecnológicas que se están comenzando a implementar hace algunos años son los trenes abastecidos con hidrógeno en reemplazo de los combustibles tradicionales y de los accionados por electricidad.

En Europa, los nuevos trenes abastecidos con hidrógeno se van abriendo paso en la red ferroviaria como alternativa a las locomotoras propulsadas con diésel; Alemania acaba de adjudicar a una empresa francesa un importante contrato para producir este tipo de unidades tractoras. Básicamente el objetivo perseguido es reducir la contaminación.

Se estima que también en Francia entrarán en funcionamiento a partir del 2022 y también reemplazarán a las locomotoras propulsados por locomotoras diésel; estas unidades, que desprenden vapor de agua, sin duda contribuyen a una mejora del aspecto ambiental, pero también reducen el ruido.

Además de la conversión de energía limpia, el sistema de almacenaje flexible de energía es a base de baterías, contando con una gestión inteligente de la potencia de tracción y de la energía disponible, con un adecuado sistema de asistencia al conductor. Están pensados para zonas en las cuales las vías no están electrificadas.

De todas formas, ya en Alemania circulan actualmente este tipo de trenes ecológicos y silenciosos. Es el caso del tren llamado Coradia iLint, que circula en ese país y su peculiaridad es que incluye un motor eléctrico que funciona con hidrógeno. Una auténtica revolución en el mundo ferroviario.



El Coradia iLint combina diferentes elementos innovadores: conversión de energía limpia, almacenamiento flexible de la energía, y gestión inteligente tanto de la potencia tractora como de la energía disponible.

Su velocidad máxima es de 140 km/h, tiene una autonomía de 1.000 kilómetros y una capacidad de hasta 300 pasajeros. Gracias a su motor eléctrico, es mucho más silencioso que los trenes tradicionales, incluso a su velocidad máxima los pasajeros sólo escuchan el sonido de las ruedas y de la resistencia del aire. A pesar de que son más caros que los modelos diésel, también actualmente los gobiernos de Dinamarca, Noruega y los Países Bajos están interesados en incorporarlos a su flota de trenes regulares para pasajeros y carga, para ofrecer trenes con cero emisiones.

En el caso de China, los vehículos a hidrógeno también están siendo investigados, aunque se está lejos de una producción a gran escala; la tecnología está disponible y lista para ser utilizada, pero el problema tiene que ver con la infraestructura necesaria para obtener el hidrógeno.

De todas formas, uno de los problemas que presentan es la escasa autonomía de circulación, por lo que no se aconsejan para distancias de más de 100 kilómetros porque requieren recargas, que a pesar de ser relativamente rápidas, necesitan contar con este tipo de estaciones; en el caso de China se piensa en recorridos de hasta 15 kilómetros, por lo que habría que recargarlo nuevamente cada 3 viajes completos.

4.3 Ensayos generales y rutinarios

En todos los coches modernos que se construyen se realizan algunos ensayos que mejoran tanto el confort como la seguridad de los mismos. Se presentan a continuación algunos de ellos:

Choque de vehículos - Cálculos estructurales

Se diseña la estructura ayudándose de las más modernas herramientas de software que existen actualmente; en este aspecto se realizan tanto cálculos estáticos como dinámicos, para proteger al conductor y a los pasajeros en caso de colisión, y asegurar la estructura de los esfuerzos que ocurrirán durante un choque y en el funcionamiento normal del tren.

Esto permite diseñar las cabinas de manera de que sean capaces de absorber la energía necesaria para preservar los espacios de supervivencia dentro del tren y asegurar un colapso gradual del mismo; asimismo se analiza que las deceleraciones sean lo suficientemente bajas como para no poner en peligro a los pasajeros o tripulación. En Europa estos cálculos son validados comparando los resultados de los ensayos con la norma EN15227.

Fatiga de materiales

Los cálculos de la estructura según la norma europea EN12663, permiten analizar la integridad de la misma en situaciones reales, como por ejemplo el remolcado de una unidad, una condición de sobrecarga de pasajeros o un caso de descarrilo.

No sólo se analiza la estructura de la caja, sino también los bastidores y otros componentes de los bogies, como las ruedas o las cajas de grasa, para lograr así diseños seguros que eviten fallas, también bajo la perspectiva de la fatiga de los materiales.

Dinámica ferroviaria

Se realizan estudios dinámicos en la fase de desarrollo de cada proyecto, con el fin de asegurar el correcto comportamiento de los vehículos y el cumplimiento de las normas y regulaciones aplicables. Para ello se utilizan softwares de simulación multi cuerpo; estos estudios tienen como objetivo garantizar un comportamiento adecuado y seguro del tren en cuanto a estabilidad, calidad de marcha, seguridad frente a descarrilamiento, confort, etc.

También y con el objetivo de maximizar la vida de las ruedas y minimizar el daño ocasionado a la vía, se realizan estudios para optimizar la interacción rueda-riel.



Simulaciones

Para tener una estimación previa a la fabricación del producto y para evaluar si los pasos que se están siguiendo en fase de diseño dan como resultado un vehículo que cumpla o no con las especificaciones técnicas impuestas por el pliego de condiciones técnicas, se suele recurrir al cálculo/simulación.

El objetivo es obtener una idea general del comportamiento acústico en el interior del tren, y realizar recomendaciones constructivas orientadas a minimizar los niveles acústicos esperables.

Ensayos TPA (Análisis de trayectoria y performance)

En fases más avanzadas del proyecto se llevan a cabo ensayos TPA en los que se estudian las distintas vías de transmisión vibro acústica de las que consta un vehículo ferroviario. Estos ensayos ayudan a tener un mejor conocimiento del vehículo, y a identificar las principales fuentes de ruidos y vibraciones en cada uno de uno de los sectores estudiados y las principales vías a través de las cuales se transmiten dichas molestias al interior del vehículo.

También se analizan aspectos relacionados con la compatibilidad electromagnética ferroviaria en todo el ciclo de vida del tren, y que incluyen los requisitos que los proveedores externos de equipos y sistemas deben cumplir en la fase de diseño del cableado y puesta a tierra de equipos y el proceso de los ensayos de validación en vía.

La información que se obtiene de los estudios vibro acústicos realizados es de gran ayuda para poder tomar decisiones en fase de diseño que puedan influir positivamente en dicha caracterización; en general, pero en especial en los trenes de alta velocidad, se realizan estudios aerodinámicos en la fase de desarrollo de cada proyecto, con el fin de asegurar el correcto comportamiento de los vehículos y el cumplimiento de las normas y regulaciones aplicables.

Al respecto, se realizan simulaciones aerodinámicas ayudándose de las más modernas herramientas de software existentes actualmente. El cálculo CFD (Análisis Computacional de Fluidos dinámicos) tiene como objetivo garantizar un comportamiento adecuado y seguro del tren en cuanto a las siguientes características: viento lateral, efectos de estela, de presión en campo abierto, de presión en túneles y de proyección de balasto.

También, y con el objetivo de optimizar el rendimiento energético de los vehículos, se llevan a cabo estudios para la mejora del confort térmico y de la resistencia al avance. Los cálculos vienen acompañados de las correspondientes pruebas en la fase de validación, tanto en banco de ensayos (túnel de viento, instalaciones con maquetas móviles, etc.) como en vía.

Confort

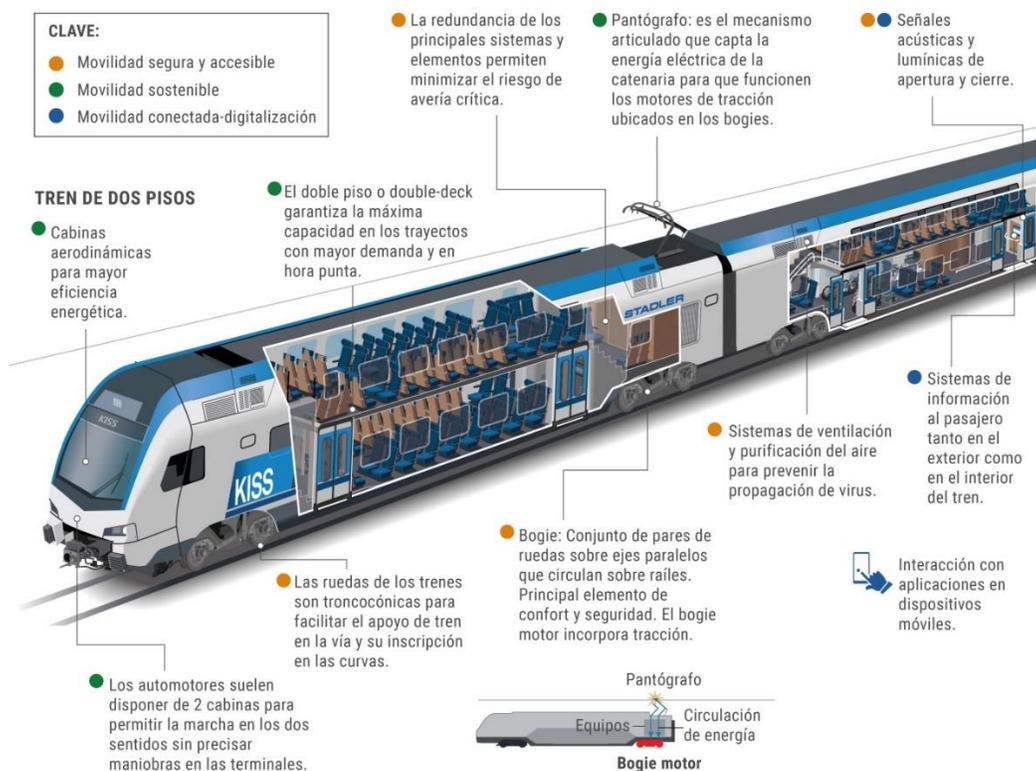
Otro de los aspectos que se analizan permanentemente es el tema del confort; los principales fabricantes de locomotoras y trenes apuestan por la innovación tecnológica en la configuración de cada unidad. Su renovada imagen exterior, su accesibilidad, el confort de marcha y la seguridad de los próximos modelos relatan unos avances hacia la perfección en este sector industrial sin renunciar a ciertos toques de artesanía también en su confección.

A bordo los viajeros dispondrán de nuevos espacios para una mayor integración con otros modos de transporte individual como bicicletas y patinetas. Habrá, además, zonas específicas para carritos infantiles y accesos con medidas especiales para personas con movilidad reducida y también se incorpora el servicio wifi abierto.

Tecnología

En el campo de la seguridad, la próxima generación de trenes se destaca por los avances en materia de ciber-seguridad y video vigilancia, del sistema de señalización tren-tierra, así también como de soluciones de mantenimiento predictivo basados en el estado real de los equipos.

Esquema de diseño actual de coche



Tren Stadler Kiss (Suiza)

Siguiendo la estela de las soluciones de movilidad intermodal y apoyada en el uso inteligente de las tecnologías de la información y en la conectividad con los dispositivos móviles, en los próximos años resultará más sencillo controlar los niveles de ocupación de los trenes en cada trayecto y los aforos de las propias estaciones, especialmente en las horas pico.

También se persigue emitir menos contaminación en los desplazamientos de cada línea, tanto en espacios urbanos como interurbanos, reducir todavía más las bajas tasas de siniestralidad que en

La actualidad tiene el servicio de ferrocarril y posibilitar al mismo tiempo un desarrollo demográfico con el máximo respeto medioambiental que permita la integración de territorios y la cohesión social.

4.4 Trenes de cargas

En este tema, además de los avances en materia de propulsión ya mencionados, no ha habido en los últimos años demasiados cambios en cuanto al tipo de vagones que se utilizan para el transporte de las cargas. De ahí que se presentan a continuación detalles generales del tipo de vagones de cargas que hoy se producen básicamente en el mercado mundial:

Furgones: se transportan productos que requieren protección contra la intemperie; algunos más sofisticados tienen amortiguadores para transportar carga frágil como pueden ser obras de arte, componentes electrónicos, o mercancías sensibles a la vibración y a los movimientos bruscos. No tienen control de temperatura.

Góndola: son vagones descubiertos que se utilizan para transportar todo tipo de materiales que no necesiten protección contra el medio ambiente; están diseñados para facilitar la carga y descarga por medio de grúas de volteo de vagones.

Plataforma: son vagones playos que se utilizan para transportar todo tipo de producto, reduciendo el costo de transporte en distancias largas; también existen vagones de este tipo que incluyen sistemas para control de temperatura ambiente en aquellas mercancías que así lo requieran.

Tolvas graneleras(minerales): las tolvas graneleras se utilizan para el transporte de productos industriales que no requieren protección contra el medio ambiente, como por ejemplo el carbón; poseen compuertas en la parte inferior que facilitan la descarga de productos a granel.

Tolvas graneleras(agrícolas): se utilizan para el transporte de productos agroindustriales que necesitan protección contra el medio ambiente, como soja, maíz, trigo y café; cuentan con compuertas en la parte superior e inferior que facilitan la carga y descarga de dichos productos a granel.

Tolvas cementeras: son utilizadas para transportar cemento o productos similares que necesitan protección contra el medio ambiente; al igual que las anteriores poseen compuertas inferiores para la descarga del producto.

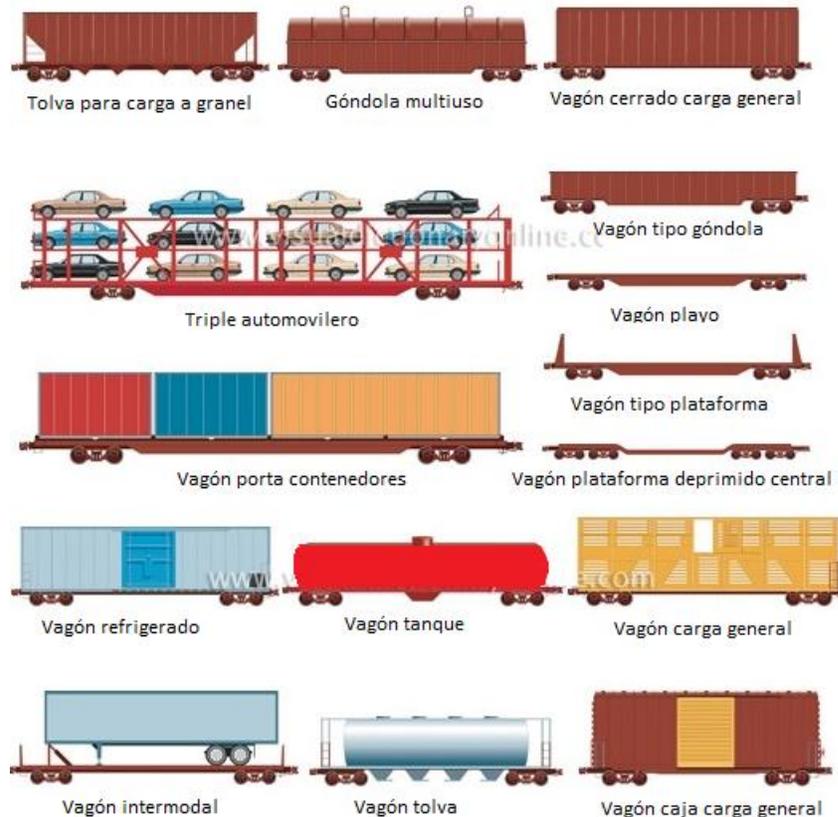
Vagones tanque: debido a las condiciones de seguridad de los productos que transportan poseen cierre hermético para evitar fugas o posibles contaminaciones. Se utilizan para el transporte de productos líquidos o gaseosos como pueden ser vino, jugos, hidrógeno u oxígeno líquido entre otros.

Pallet para autos/Plataforma intermodal: se utilizan para el transporte de carga en general o carga pesada que no requiere protección contra el medio ambiente.

Poseen aditamentos que permiten asegurar la carga durante su transporte.

Trinivel automotriz (Autorack): estos vagones son utilizados para el transporte de automóviles nuevos, Existen variación de abiertos y cerrados, para garantizar la integridad del producto.

A continuación se presenta un esquema general con alguno de estos tipos de unidades hoy en uso en el mercado internacional de cargas:



Fuente: Mundo exportar 2020

De todas formas, y a pesar de que este tipo de vagones en general no ha variado a lo largo de los años, merece comentarse que todos los avances registrados en los bogies y en las ruedas referentes a ruidos y vibraciones han sido incorporados a los nuevos equipos.

Por otra parte, recientemente se han comenzado a proyectar y construir vagones más modernos, aunque todavía muchos de ellos no han sido fabricados en cantidad a nivel industrial; uno de ellos es el vagón modular que facilita la transición al transporte de mercancías por ferrocarril

Los ferrocarriles alemanes están modernizando su flota de vagones de mercancías con sistemas modulares de vagones y contenedores. Sus sistemas logísticos innovadores están aumentando la

productividad del transporte de mercancías por ferrocarril en Europa y fomentan la transición de la carretera al ferrocarril. Por ejemplo, la industria siderúrgica es el usuario más importante del transporte de mercancías por ferrocarril de la Unión Europea; a este sector le preocupa que la tecnología obsoleta y la escasa carga útil de los vagones dificulten el transporte eficiente de materias primas a las plantas de laminación de acero o el envío de productos acabados a los centros de consumo.

El sistema de plataforma modular consiste en un nuevo vagón ligero, denominado “InnoWaggon” para contenedores especiales; lo novedoso del concepto de plataforma se basa en la capacidad de separar el contenedor de carga del bastidor del vagón.

Estos vagones ultraligeros de 18, 24 y 27 metros de largo para contenedores cuentan con frenos silenciosos; pueden transportar distintos tipos de contenedores, adaptados a las necesidades de carga e infraestructura de los puntos de carga y descarga, tanto productos a granel como carbón y mineral de hierro como productos semi elaborados como bobinas y alambres.

También se está avanzando en equipos modernos para carga y descarga de contenedores; las mejoras incorporan tanto innovaciones en la automatización como en los tiempos de carga y descarga, bajo cualquier condición de temperatura y clima.

Se estima que sólo en Europa operan actualmente alrededor de 700.000 vagones para transporte de mercaderías, de los cuales alrededor de 100.000 serán reemplazados en el mediano plazo.



Así serán los vagones de transporte de mercancías a granel.

Asimismo, otra empresa europea finalizó en el año 2018 el primer vagón de tren para mercancías a granel, que por su versatilidad y flexibilidad aspira a ser “el vagón del futuro”; está siendo diseñado por un consorcio europeo que agrupa cuatro empresas, tres universidades y dos centros de investigación (Proyecto Hermes, Suecia-España).



Consiste en unidades que permiten transportar cualquier tipo de carga a granel, incluso contenedores; también se previó que el contenedor del vagón tenga un proceso de descarga lateral y sea extraíble, lo que facilitaría que pueda cambiarse por una plataforma. Asimismo que pueda adaptarse al ancho de vía internacional, que sea de un material más ligero para reducir peso y que tenga más capacidad de carga, además de disponer de un sistema de lavado más rápido y económico.

El primer vagón está en proceso de construcción y, una vez homologado, entrará en explotación regular a mediados de este año, para recorrer alrededor de 400.000 kilómetros en los cuatro años que durará el proyecto. Además se presentarán otros quince vagones que inicialmente circularán en Suecia

Por otra parte, en el año 2017 los ferrocarriles suizos comenzaron a trabajar en un prototipo de vagón para cargas menos ruidoso, más ligero y más eficiente que los vehículos actuales. La fase de pruebas comenzó con dieciséis vagones portacontenedores prototipo y durará cuatro años y permitirá comprobar los materiales y sistemas innovadores que integran el nuevo vagón, a través de la colaboración de numerosos cargadores y socios industriales con la empresa de cargas de ese país.



Diseño de vagón suizo para contenedores

Se busca básicamente un tren más silencioso, más ligero y adaptado a las exigencias logísticas y de reducido costo (proyecto Tren 5L). Los bogies de los vagones son regulables y no están montados de forma fija, los frenos de disco reemplazan a las tradicionales zapatas y los ejes están dotados de un silenciador, con lo que serán incluso más silenciosos que los que llevan zapatas de materiales compuestos. También estarán equipados con enganche automático, un paso importante en el camino de la automatización de la explotación.

Estas son algunas de las mejoras que se esperan en los trenes de cargas en los próximos años.

En Anexo 2 se presentan algunos datos complementarios de los tipos de trenes.

5. Automatización señalamiento y seguridad

Los avances tecnológicos en automatización y digitalización que se han desarrollado en los últimos años en el sector ferroviario simultáneamente se han producido en otros sectores, y abarcan principalmente temas informáticos, de comunicación y mejoras en las interconexiones.

Estas mejoras en las comunicaciones incluyen no sólo las que se realizan vehículo a vehículo y las que conectan vehículos con redes, sino también otros aspectos como los referidos a inteligencia artificial, internet de las cosas, robótica, conducción autónoma –ATO-, cadena de bloques, Big data y avances en la telefonía móvil (como la Tecnología 5G, los elementos accesorios, las redes sociales, y la economía colaborativa).

A pesar de que en materia de informática se hace muy difícil pensar a largo plazo por los cambios vertiginosos que se vienen produciendo, las respuestas tecnológicas impactan tanto en el transporte ferroviario de pasajeros como en el de mercancías, en las infraestructuras y en la gestión del negocio. Hay cuatro elementos que integran la transformación digital y la transformación de los modelos de negocio, tanto para cargas como para pasajeros: la interconectividad, los datos digitales, la automatización y la interacción digital con el cliente.

La interconectividad persigue integrar todas las cadenas de comercialización y distribución de las empresas a través de una red de telecomunicaciones de banda ancha que intenta hacer más eficiente el funcionamiento de las mismas y reducir sus costos de operación.

El almacenamiento y procesamiento de datos digitales permite no sólo programar con antelación las acciones sino también anticiparse a futuros comportamientos del mercado mediante estimaciones precisas. El Big Data en el ferrocarril puede llegar a ser un arma muy necesaria para alcanzar esos objetivos.

La automatización consiste en la combinación de tecnologías clásicas con inteligencia artificial y tiende a favorecer la creación de sistemas cada vez más autónomos, capaces de organizarse a sí mismos. Es el caso de las operaciones automáticas de trenes que a través de metodologías 5G permiten la conducción de unidades sin personal humano a bordo y de manera autónoma.

Por ello, en Europa ya se está trabajando en un Programa de Navegación Global a través de satélites, a los efectos de incorporar todas las redes europeas y centralizar la información disponible. (Galileo y EGNOS)

Otro aspecto particular que se hace importante es la interacción de las empresas con los clientes; al respecto, espera que se convierta a través de internet en un acceso permanente y directo para ofrecer los servicios disponibles. Es sabido que la web ofrece publicidad personalizada y búsquedas inteligentes, por lo que muchos de los acuerdos actualmente de negocios se concretan a través de este medio.

5.1 Digitalización en las infraestructuras ferroviarias

Para ajustar los altos costos que demanda la infraestructura, la informática contribuye a buscar soluciones en la construcción y mantenimiento de las vías férreas optimizando las distintas tareas de cada uno de los componentes; también a partir de la información relevada permite predecir los planes de mantenimiento rutinario

De todas formas, y como aspecto contrario, las nuevas tecnologías en digitalización en el mundo impulsan a la tentación de plantear innumerables soluciones técnicas sin tener en cuenta la eficiencia y las cuantiosas inversiones que a veces se requieren en temas relacionados con ello. Esto conlleva a que previamente deben analizarse detalles particulares para no caer en la tentación de plantear cualquier cosa a cualquier costo.

Los aspectos a priorizar en este campo pueden resumirse en tender a que aumente la capacidad de transporte especialmente en áreas urbanas, reducir costos de mantenimiento, extender las redes globales en proyectos conjuntos a nivel regional y mejorar el uso de las estaciones dotando a ellas de paneles informativos al servicio de los pasajeros.

Los trenes circulan con mucho más control informático a cada instante de manera que el conductor está permanentemente conectado con el centro de operaciones no existiendo como históricamente espacios vacíos. Así el desarrollo tecnológico de esta circulación va continuamente nutriendo de información para la construcción de las infraestructuras y también para darle mayor seguridad al sistema.

En la actualidad ya robots inteligentes intervienen en la construcción y el mantenimiento de todo tipo de infraestructuras ferroviarias nuevas y existentes. A modo de ejemplo las excavadoras automatizadas cuentan con sensores que entregan información respecto del estado de los servicios que se encuentran soterrados (cables, cañerías, etc) a los efectos de tener mayor seguridad y eficiencia en las excavaciones.

Existe también una nueva tecnología desarrollada que utiliza el mismo sistema a bordo de monitoreo de los vehículos conectado a equipos giratorios de los bogíes, lo que permite controlar directamente la condición de las vías, detectar problemas más rápidamente y optimizar la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento de vías de los operadores de ferrocarriles.



Instalación del IMx-Rail en el bastidor del bogie

5.2 Digitalización aplicada al material rodante

En líneas generales se está aplicando en la construcción de nuevos equipos, en los materiales que se han utilizado para su fabricación, en su eficiencia energética y en la reducción de su impacto ambiental.

Existen mecanismos para poner en marcha los trenes manejados por control remoto y para comunicarse electrónicamente entre sí. Por otra parte, estos sistemas trabajan de forma autónoma y son flexibles. Se consigue así una mayor eficiencia y una reducción de costos.

En lo referido a construcción de material rodante, se utilizan sistemas mediante impresión 3D que permiten procesos de control mucho más seguros y avanzados. En un futuro próximo, se utilizarán también pequeños robots en las diferentes áreas, tanto en la fabricación de trenes como en las infraestructuras que estarán interconectados pero ejecutarán trabajos independientes, favoreciendo así los trabajos a gran escala.

En muchos países del mundo, más de 30, ya sea para metros(subterráneos) o para el resto de los servicios urbanos ferroviarios, los trenes autónomos son capaces de moverse sin el conductor instalado en la cabina del vehículo. De todas formas aún no se ha desarrollado la tecnología para aplicar esto a los trenes de mediana y larga distancia, aunque se logrará en un futuro cercano. Además del tren autónomo ya se está pensando en otro tipo de nuevos trenes inteligentes, que revolucionarán sensiblemente la tecnología y que ya fueron mencionados en capítulos precedentes.

5.3 Mejoras en señalamiento y comunicaciones

De lo expresado precedentemente surge que una de las áreas que han registrado importantes mejoras en los últimos años es la referida a aspectos relacionados con el señalamiento, las comunicaciones y la seguridad ferroviaria.

5.3.1 Señalamiento

Tipos de señales

Históricamente se usaron en el mundo señales mecánicas y lumínicas para ordenar la circulación de trenes. Las mecánicas son señales que permiten el paso de los trenes en los tramos en las que se instalan y normalmente se manejan de enclavamientos que se colocan en las cabinas cercanas, en cambio las lumínicas se utilizan en vastas zonas urbanas y requieren de alimentación eléctrica y de semáforos de colores para permitir el paso de los trenes en las redes.

Si bien ambos sistemas se siguen utilizando actualmente en el mundo en muchos ramales, se han comenzado a avanzar en otro tipo de señalamiento que asegura aún más la circulación de los trenes. Estos equipos se instalan no sólo en tierra sino también en los unidades circulantes y son conocidos como ATP y ATS (Automatic Transit Stop). Estos elementos de a poco se van incorporando en casi todas las redes ferroviarias del mundo y permiten entre otros aspectos asegurar el frenado de las unidades cuando dos trenes tienen riesgo de colisionar de frente por circular sobre la misma vía.

5.3.2 COMUNICACIONES

En lo que hace al sistema de comunicaciones, históricamente el telégrafo y los teléfonos de línea eran los métodos para el seguimiento de los trenes; actualmente existen mecanismos técnicos independientes de los sistemas de comunicaciones del resto de los temas, que aseguran que las mismas se desarrollen únicamente por frecuencias específicas y dedicadas con exclusividad a facilitar la seguridad ferroviaria.

España es uno de los países que más ha desarrollado este tipo de comunicación para asegurar que sus trenes de alta velocidad no tengan problemas a lo largo de los recorridos que desarrollan. Estados Unidos también ya ha tomado este tipo de referencia y lo estaría aplicando en los trenes de alta velocidad que empiezan a operar en la zona oeste del país. China y el resto del mundo avanzan simultáneamente en este sentido.

El sistema denominado de radio digital GSMR se ha expandido por toda Europa e utiliza la tecnología de los teléfonos móviles de uso público GSM, adaptado para el uso ferroviario. El GSM-R comenzó a aplicarse en España (de hecho, fue una de las primeras aplicaciones europeas) en la nueva línea de alta velocidad de Madrid -Barcelona; resuelve buena parte de los inconvenientes

que en materia de comunicaciones se le plantean al ferrocarril. Un aspecto importante es que podría aplicarse de forma homogénea en todo el espacio europeo, sustituyendo así a las tecnologías específicas de cada uno de los países de ese continente.

No entra en conflicto con los operadores de bandas comerciales puesto que dispone de frecuencias específicas y reservadas sólo para el ferrocarril; además y como ya se mencionó, el hecho de contar con ancho de banda reservado en el espectro europeo, le permitiría su expansión futura al resto del sistema.



Los trenes de alta velocidad tienen los sistemas de señalización en cabina. El nuevo sistema ERTMS de nivel 2 envía la información de los enclavamientos por radio empleando la red GSMR. (Foto: Cabina del Talgo de alta velocidad serie 102. M.A.Patier Renfe)

5.3.3. Video vigilancia de la red

Un aspecto muy particular básicamente aplicado a las redes de alta velocidad en el mundo es el de video vigilancia de la misma. Es conocido que la infraestructura por la que circulan los trenes requiere de un detallado cuidado a los efectos de detectar en tiempo real la imprevista presencia de objetos extraños en el trazado y a partir de ello actuar en la medida de lo posible para impedir su influencia negativa en la calidad del servicio y el peligro de accidentes.

Para ello, en muchos casos se instalan cámaras de seguridad en pasos elevados, bocas de túneles, edificios técnicos y estaciones y en otros sectores de la red que se visualizan desde centros de control ubicados en estaciones estratégicas de cada uno de los ramales.

Asimismo, esos elementos no sólo detectan problemas puntuales en las líneas en el momento oportuno, sino que además permiten ir conformando un conjunto de datos que se utilizan a posteriori para análisis más profundos del estado de situación de la infraestructura y de los problemas surgidos.

Este sistema de video vigilancia se utiliza en tramos de alta velocidad como Madrid-Lérida (con el centro de operación en Zaragoza); dispone de una red de datos IP (protocolo de internet) de uso multipropósito, los que son utilizados por el sistema CCTV (circuito cerrado de televisión) para la propia comunicación entre los elementos que la componen, así como también para que la información del sistema de gestión y mantenimiento se integre con el de dicha red.

Para la explotación de una red ferroviaria de alta velocidad se requiere de un elevado número de diferentes subsistemas con distintas funciones pero que se apoyan los unos sobre los otros. El sistema CCTV entre otras, avanza en las siguientes interacciones:

- Caída de Objetos: al activarse en una ubicación concreta se visualiza en la cámara más próxima, transmitiéndose en forma inmediata a los monitores principales y de las zonas, los que detectan el problema inmediatamente.
- Centro de Regulación y Control (CRC): Desde el mismo se puede operar y monitorizar el sistema CCTV como un centro de operación más.
- Sistema de Gestión Integrada de Red (INM): La monitorización de todos los sistemas que permiten explotar la línea se efectúa de un modo integrado y centralizado, siendo el sistema CCTV uno más de ellos.

5.3.4 Nuevas tendencias: caso sistema Da Vinci

Merece mencionarse a continuación una experiencia puntual que se está aplicando en Europa, que si bien está orientada a minimizar problemas de operación y seguridad en los trenes de alta velocidad, en un futuro deberá ser ir siendo implementada en todo tipo de trenes básicamente por temas referidos a la máxima exigencia en materia de seguridad.

Este sistema no sólo se viene aplicando en el sistema ferroviario, sino también se ha implementado en otros modos de transporte como el aéreo y se denomina "Sistema Da Vinci".

A pesar de sus altos costos, se ha convertido en la plataforma de referencia mundial para la gestión de tráfico ferroviario de alta velocidad y de otras redes. Esta plataforma de explotación y control permite interactuar de forma simultánea con diferentes medios de regulación de tráfico ferroviario.

A diferencia de los sistemas tradicionales que requieren de puestos de mando en tierra, este mecanismo permite la circulación de los trenes a través de sistemas independientes que no tienen errores humanos. Agrupa a todos los sectores independientes que se organizan por separado a través de un sistema que garantiza una perfecta coordinación de los llamados centro de regulación y control (CRC) mediante su asistencia.



Centro de Regulación y Control del tráfico de alta velocidad de Zaragoza dotado con el Sistema DaVinci / Adif

El ejemplo de España es el siguiente: diariamente se realizan una importante cantidad de viajes ferroviarios. Los Centros de Regulación y Control (CRC) , situados en puntos estratégicos, permiten regular estos desplazamientos en alta velocidad garantizando las operaciones y la seguridad en todos los servicios. Actualmente en ese país se encuentran operativos cinco centros

CRC – Madrid: Centro neurálgico de control para toda España

CRC – Albacete: Gobierna la LAV Madrid-Cuenca-Albacete-Valencia

CRC- Zaragoza: Responsable de la LAV Madrid-Barcelona-Frontera Francesa

CRC – Antequera: Organiza la LAV Córdoba – Málaga

CRC – Segovia: Controla la LAV Chamartín – Valladolid

Los responsables de control tienen información conjunta y en tiempo real de los subsistemas de telemando, que incluyen: la señalización, los enclavamientos o las comunicaciones entre otros, el seguimiento de la circulación, las estadísticas y la energía. Además, permite al CRC el enrutamiento automático de trenes mediante la generación de modelos predictivos, dando a los usuarios durante el proceso una visión conjunta de todos los factores y con ello, facilitando y mejorando la explotación de las líneas que intervienen.

En España, el Sistema Da Vinci asiste en estos momentos a las líneas de alta velocidad entre Madrid y las ciudades de Sevilla, Valladolid, Barcelona y Valencia y en los tramos Córdoba-Málaga y Ourense-Santiago-La Coruña.

Otros ejemplos de implementación actual y futura de este sistema se ubican en :el metro de Medellín y el metro de Londres (Metronet), la solución elegida para gestión integral del tráfico ferroviario de Marruecos y Lituania y el Proyecto de la línea de Alta Velocidad Meca – Jeddah – Medina en Arabia Saudí entre otros.

El Sistema Da Vinci está en avance sostenido y los usuarios del mismo pueden optimizar y explotar al máximo la infraestructura y operación de los sistemas ferroviarios de actualidad.

5.3.5 Señalamiento en china

A modo de ejemplo se informa que la empresa líder en señalamiento en ese país es C.R.S.C. (China Railway Signal And Communications), que ha provisto de sistemas de señalamiento a las vías que recorren trenes de alta velocidad y otras en alrededor de 22.000 kilómetros y donde ya se instalaron sus equipos.

Algunos ejemplos importantes son:

Ferrocarril de Alta Velocidad “Wuhan-Guangzhou”

El primer ferrocarril de alta velocidad en China, con un recorrido de 968km, cuenta con un sistema de control C.T.C.S.-3 suministrado por esa empresa; la velocidad máxima de operación llega a los 350km/h y se instaló en el año 2009.

Ferrocarril de Alta Velocidad “Shanghai-Nanjing”

Recorre 301km y el sistema de control se puso en operación en el año 2010; también es C.T.C.S.-3 y es la línea de mayor intensidad de tráfico de pasajeros en China.

Ferrocarril de Alta Velocidad Beijing-Shanghái”

Tiene un recorrido de 1.318km, es el de mayor longitud en China y se puso en operación en el año 2011; los trenes tardan 4horas 48 minutos para llegar desde Shanghái a Beijing y cuenta con un sistema de Control de C.T.C. suministrado por C.R.S.C..

Por otra parte, además también de proveer estos sistemas a otras líneas de China, esta empresa exporta tecnología a otras partes del mundo, especialmente a países de Asia, África y América.

5.3.6 Señalamiento en alta velocidad en usa

El desarrollo de la alta velocidad en Estados Unidos de América está llevando necesariamente a una modernización en los sistemas de señalamiento y comunicaciones en el sistema ferroviario de ese país; al respecto, se está avanzando en un plan de puesta en marcha de estos servicios en alrededor de 27.000 kilómetros en redes de la zona oeste (California y otros estados), lo cual

implica la creación de diez polos de actuación para el sistema de señalamiento y comunicaciones dentro de la región.

Por ello, para modernizar esta tecnología en varios esos tramos, se adoptaría el sistema denominado A.R.T.M.S. (American Railways Traffic Managing System), que es equivalente al E.R.T.M.S. europeo que predomina en España, y que permitirá interactuar a las redes de alta velocidad con el resto de las redes ferroviarias del país. Ese sistema comprende (de forma análoga al europeo E.R.T.M.S.) dos elementos fundamentales:

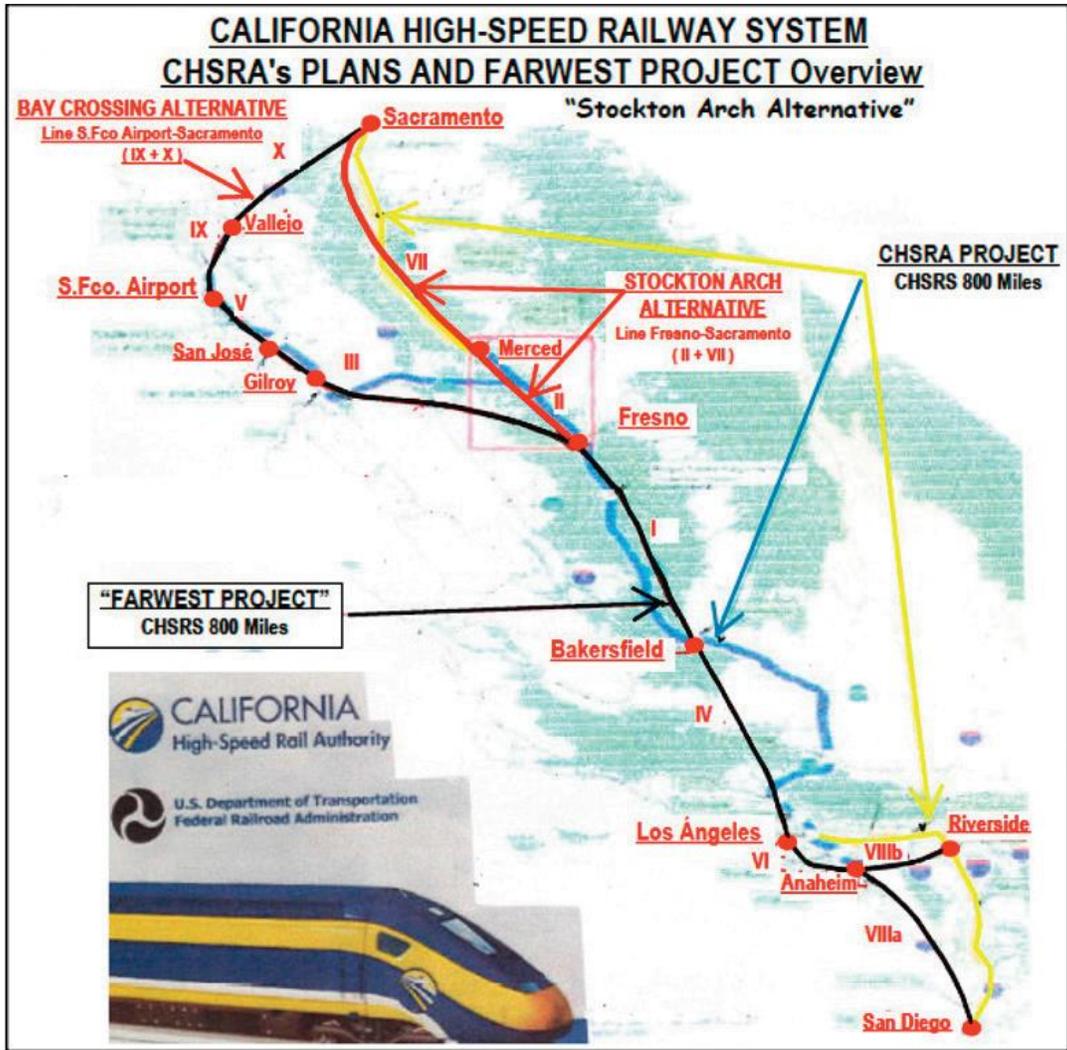
A.T.C.S. Nivel3 (American Train Control System) que engloba los aspectos relativos a la señalización ferroviaria (tanto en vía como en trenes) y el G.S.M.R. (Global System for Mobile Communications-Railway), sistema de comunicaciones móviles empleado para las comunicaciones entre trenes y centros de control.

De todas formas, y al ser una red con distintas características, en cada tramo de la misma se realizarán ajustes puntuales a cada uno de dichos sectores.

Las instalaciones de señalización se controlarán de manera centralizada desde Puestos de Mando, que no solo dispondrán de telemando en las instalaciones de señalización, E.N.C.s y A.R.T.M.S., sino también de energía, comunicaciones y detectores (caída de objetos, viento lateral, calentamiento de equipos, etc). Denominados CRC.

Así por ejemplo en la línea del Estado de California Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside el C.R.C. principal se situará en Los Ángeles, disponiendo en las Terminales de Fresno y de San Diego de puestos de mando auxiliares o C.R.C. de apoyo. El telemando de las instalaciones será comandado por los operadores de circulación y la línea de alta velocidad se dividirá en seis sectores con 101 enclavamientos distribuidos en función de la longitud de vía y de la complejidad del trazado y de las estaciones que los separan.

Otro caso es el del trazado ferroviario interestatal Riverside- Las Vegas y Mesquite- Piute (California-Nevada), interestatal Las Vegas-Phoenix (Nevada-Arizona) y estatal Phoenix- Tucson (Arizona) que forman parte de otro proyecto y donde el C.R.C. principal se situará en la estación terminal de Las Vegas (Nevada) y tendrá tres C.R.C. de apoyo en las estaciones terminales de Riverside (California), Phoenix (Arizona) y Tucson (Arizona).



Alta velocidad en Estados Unidos de América (2019)

6. Recursos humanos

6.1 La importancia del recurso humano

En virtud de los avances tecnológicos planteados precedentemente, y teniendo en cuenta que también el factor humano cumple un rol importante en la industria ferroviaria, surge la necesidad de pensar en la importancia de la formación y capacitación de dicho personal en las distintas áreas del sector.

El hecho de que se avanza en materia informática y en nuevas tecnologías genera la necesidad de capacitar permanentemente a los actores del sistema, que incluye desde los técnicos abocados a tareas de mantenimiento pasando por la capacitación de conductores y operadores y hasta la formación del personal administrativo.

Los servicios ferroviarios en general están disponibles en muchos países casi las 24 horas los 365 días al año; eso hace también una característica especial para este tipo de tareas que requiere una serie de condiciones personales de cada uno de los integrantes en las distintas operaciones que ellos realizan.

Esto también implica la necesidad de contar con personal altamente capacitado que reciba adecuadas remuneraciones, por lo que la gestión de búsqueda de personal para los servicios ferroviarios se convierte en un tema significativo para asegurar la calidad de servicios y la seguridad en la operación de los trenes.

6.2 Redimensionamiento de las plantillas

La cantidad de personal es uno de los temas que ha ido variando a lo largo de la historia de los ferrocarriles en el mundo; en general estos se han adaptado a la problemática socioeconómica de los países y por tanto ha habido épocas de máxima y otras de mínima.

Actualmente y en función de los avances tecnológicos, las gestiones comerciales, la automatización de la información y otros aspectos se vislumbra para los próximos años un ajuste en las plantillas de personal de las empresas ferroviarias.

Aun considerando aumentos en los tráficos, es de esperar esta reacción; por ello las áreas de recursos humanos deberán decidir acerca de la cantidad de empleados por sector. La forma de producir estos ajustes en parte se evaluará en función de los datos históricos preexistentes (U.I.C., A.A.R; Banco Mundial, etc) y de estudios más detallados en función de la situación actual de los mismos.

A medida que se vayan incorporando nuevas tecnologías, también se deberán redimensionar y readecuar las plantillas, administrar los excedentes y reubicar los recursos humanos en base a las necesidades. Incentivos para abandonar las empresas y reducción de los planes de incorporación; estos son los principales aspectos a analizar en relación a este tema.

También estarán en estudios los niveles salariales de los empleados ferroviarios; cada puesto tendrá especificaciones particulares y los empleados más especializados tendrán mejores remuneraciones. Para ello, el sistema de calificaciones y la capacitación del personal serán dos elementos importantes en la selección de personal técnico y administrativo.

6.3 Compensación económica por retiros voluntarios

Por ello uno de los elementos más efectivos para la adecuación de los planteles será adjudicar una compensación económica por retiros voluntarios; sin embargo, deberá tenerse en consideración que el riesgo de un esquema de este tipo de renunciadas es que los empleados mayormente acepten el paquete de compensación porque tienen opciones en otras áreas del mercado de trabajo.

Es importante al respecto tener en cuenta entre otros factores el perfil de edades de los empleados a la hora de decidir aplicar estos programas; muchas veces se ofrecen estas posibilidades a las personas que están más cerca de su jubilación y en otro caso se ofrecen incentivos por jubilaciones anticipadas.

De todas formas, el conocimiento y la experiencia se van adquiriendo a medida que los empleados van trabajando a lo largo de los años; por ello desprenderse de estas personas muchas veces también genera problemas de funcionamiento si a lo largo de esos años no se ha ido capacitando a otros empleados más jóvenes para cumplir esas tareas.

6.4 Programas de reinserción

También se están aplicando permanentemente en el sector ferroviario programas de reubicación de agentes en otras áreas de las empresas; en virtud de los avances tecnológicos muchas veces operadores y trabajadores deben ir perfeccionando sus conocimientos, especialmente su capacitación en informática y otros aspectos técnicos que van implementando las empresas para poder reinsertarse en otras áreas de las empresas ferroviarias. También es interesante en estos casos ayudar a los empleados a tener otras oportunidades de empleo en el caso de desafectación de ellos de algunas áreas que dejan de operar.

Muchas veces las empresas acuden a donaciones y préstamos de bancos de desarrollo que permiten organizar esos programas de reinserción y reformas en las empresas.

Así resulta de gran trascendencia contar con personal calificado para las nuevas tareas que se vienen programando en el sector ferroviario; esto es tener conocimientos medios de educación secundaria para incorporarse a las nuevas estructuras, no sólo en la parte administrativa, sino también en las áreas técnicas y operativas. Tener conocimientos de informática, administrativos y comerciales, de energía, de temas, como así también hidráulicos y mecánicos constituye hoy ventajas comparativas de futuros operarios a incorporar.

Todas las mejoras que se van incorporando también requieren tener un buen seguimiento de las tareas de los empleados y operarios, lo que implica ser calificados y evaluados periódicamente por sus superiores e incorporar todo tipo de test de salud y psicológicos para estar muy informado de la situación personal de cada uno de los hombres y mujeres que trabajan en el sector.

Esto también tiene utilidad en los casos que se requiere ubicar un perfil determinado y necesario, para lo cual es prioritario detectar si algún empleado cumple con esos requisitos antes de salir a buscar al mercado externo al personal que se necesita.

6.5 Estructuras de incentivos

Con respecto a esto, resulta atractivo incorporar esquemas de incentivos salariales que permitan hacer más rendidoras las tareas que en general llevan adelante los empleados, pero estos no deberán superar el 15% de los salarios fijos de los empleados ferroviarios, pues niveles de incentivos muy altos podrían ser contraproducentes para la eficiencia integral del sistema.

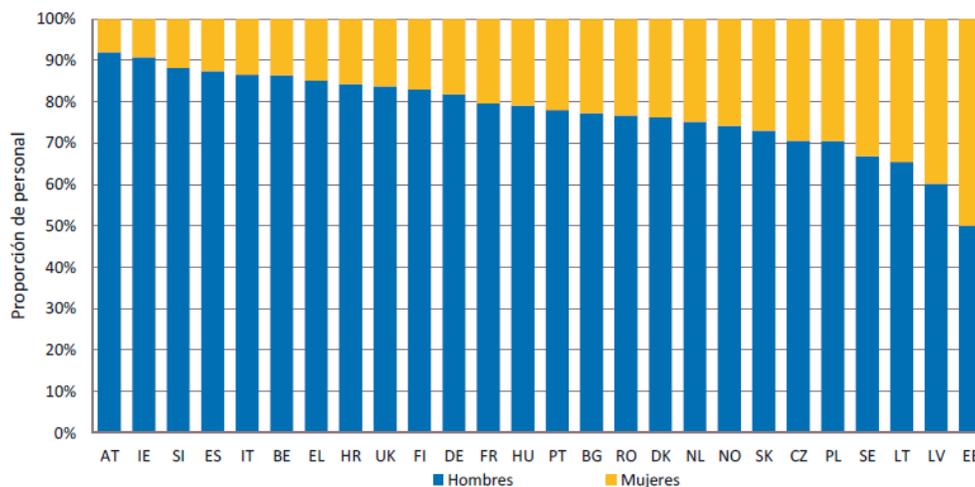
De todo lo expresado puede concluirse que los cambios tecnológicos actuales y futuros van exigiendo personal más capacitado y por lo tanto mejor remunerado. Por lo tanto, los programas de recursos humanos deben incluir temas como el redimensionamiento, el análisis corporativo, las compensaciones económicas por retiros voluntarios, la reinserción de operarios y las estructuras adecuadas de salario.

6.6 Algunos datos de la comunidad europea

A principios de 2017, según datos oficiales del área ferroviaria de la Comunidad Europea había empleados en el sector ferroviario en todos los estados miembros alrededor de 1.000.000 de personas, alrededor de 400.000 dedicadas a empresas de infraestructura y 600.000 dedicadas a otras empresas ferroviarias.

Alguna información específica en este tema señalaba que se registraba mayor cantidad de hombres que de mujeres y que como situación límite dicha proporción en el caso de Austria era el 92% de hombres, mientras que en Estonia sólo alcanzaban el 50 % de ellos.

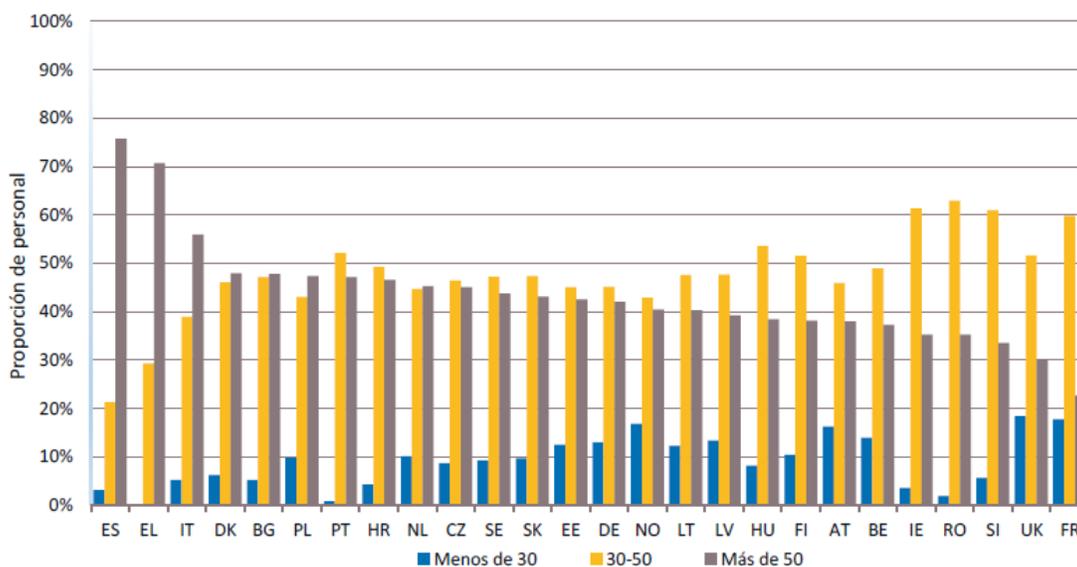
Empleados por sexo y país, 2016



Fuente: RMMS, 2018. No hay datos sobre LU.

Por otra parte, también era diferente el rango de edades en cada uno de esos países.

Empleados por grupo de edad y país, 2016



Fuente: RMMS, 2018. No hay datos sobre LU.

Mientras en España el 75 % de los empleados tenía más de 50 años, en Francia el 60% de los empleados estaban entre 30 y 50 años y Gran Bretaña se registraba la mayor cantidad proporcionalmente de jóvenes.

Referido al tipo de contratación en el sector, se detectó que el 90% de los empleados tenía cargos permanentes, lo que indica quizás el interés de las empresas de mantener el personal altamente capacitados; por otra parte, también se verificó que el 80% trabajaban a tiempo completo.

6.7 Organización de carácter internacional

Si bien existen varios ámbitos que se ocupan de estudiar y apoyar la organización de recursos humanos en el sector ferroviario en el mundo, es importante mencionar que funciona un Organismo denominado “Federación Internacional de Trabajadores del Transporte” que se define como “una federación democrática, encabezada por sus organizaciones sindicales afiliadas, reconocida como la principal autoridad mundial en materia de transporte”.

Entre sus objetivos se destacan luchar para mejorar la vida laboral del personal del transporte, y cuenta con más de 700 sindicatos afiliados de 150 países del mundo. Dentro de esta organización se encuentran incorporados muchos de los sindicatos ferroviarios del mundo.

7. Avances tecnológicos mundiales: su aplicación al sistema ferroviario argentino

En los capítulos anteriores se han desarrollado los distintos avances registrados en el mundo relacionados con la operación y la infraestructura ferroviaria. Sin duda que alguna de las cuestiones planteadas es de difícil aplicación en Argentina en los próximos años.

Por ello, lo que se propone a continuación es enumerar cual de esos avances podrían próximamente comenzar a implementarse en los ferrocarriles en el país, a los efectos de avanzar en aspectos tecnológicos que además generen mejoras en los costos de infraestructura y operación de los servicios, tanto de pasajeros como de cargas, incrementando la carga transportada, generando mejoras a los usuarios y fomentando la industria nacional.

Por ello, se plantean a continuación una serie de conclusiones como síntesis del trabajo.

7.1 Los ferrocarriles argentinos frente a la situación mundial

La historia ferroviaria en Argentina es variada y tiene como síntoma destacable la falta de continuidad de las acciones a lo largo de los años. Ha pasado por etapas de crecimiento sostenido hasta momentos en los cuales el sistema cayó en un abandono marcado. Además, a lo largo de su historia, se han aplicado todo tipo de soluciones operativas y de administración que le han generado aún más problemas y lo han sumido en muchas etapas decadentes.

Han sido privados en su gran mayoría en su inicio, posteriormente han sido estatizados, luego concesionados a la actividad privada y actualmente la tendencia es volver a estatizar la infraestructura y los servicios: diferentes cambios profundos a lo largo de los años.

Quizás todos estos cambios no hubieran sido tan negativos si las inversiones históricas hubieran acompañado a las necesidades del sistema; pero esto tampoco ocurrió y por tanto se llega a la situación actual donde hay un deterioro acumulado principalmente en la infraestructura ferroviaria.

Si se lo compara con la situación histórica mundial, puede decirse que principalmente en América del Sur a excepción de Brasil, hubo una tendencia explícita a abandonar los trazados ferroviarios existentes: es el caso de Paraguay y Uruguay que en distintas escalas no promovieron inversiones importantes los últimos 40 años y aún hoy sus redes están muy deterioradas. En cambio Brasil y de alguna forma Bolivia y Chile, si bien no han invertido los niveles requeridos, han mantenido al igual que Argentina parte de sus redes y hoy en muchos sectores las mismas están en funcionamiento.

En cambio en América del Norte, en Europa y en varios países de Asia, la situación ha sido totalmente diferente. En Estados Unidos y Canadá principalmente la necesidad de transportar cargas y de contar con algunos servicios troncales de pasajeros ha generado políticas para mantener y mejorar los ramales ferroviarios principales a lo largo de los años. Por otra parte, en Europa la implementación en los últimos 30 años de los trenes de alta velocidad para pasajeros ha impulsado notables mejoras en la infraestructura y en el material rodante. En el caso de China, Japón e India y debido a la importante población de esos países, el ferrocarril de pasajeros como principal medio de transporte en los dos primeros casos y casi único en el tercero, han mantenido la necesidad de avanzar en el mejoramiento de los sistemas ferroviarios nacionales en esos países.

De todas formas y a pesar de esas acciones, se observa a nivel mundial que en los últimos años no ha habido grandes cambios en la longitud total de vías, lo que hace pensar que los países se han enfocado principalmente a mantener lo existente y aplicar mejoras tecnológicas sobre esos tramos.

Los datos mundiales indicaban que en el año 2018 la red ferroviaria mundial alcanzaba a 1.319.252 kilómetros de extensión, en este escenario, Argentina registraba 36.917 kilómetros, o sea el 2,7% del total y se ubicaba en la sexta posición en esta base de datos a razón de 75 km² / km vía y de 1.229 hab / km vía.

La red ferroviaria argentina, si bien como se indica se extiende en alrededor de 36.000 kilómetros de longitud y es una de las más importantes del mundo, debido a los problemas mencionados se ha venido deteriorando a lo largo de los años, no sólo por no haber tenido el mantenimiento adecuado sino también por no haber renovado su infraestructura en grandes sectores de la misma.

Por ello puede afirmarse que actualmente la red operativa en el país se ubica en alrededor de los 10.000 kilómetros de extensión, y salvo tramos en los cuales se hicieron obras de renovación en los últimos 10 años, la infraestructura ha cumplido largamente su vida útil por lo cual debería ir renovándose paulatinamente.

Por ello es que uno de los temas importantes a evaluar en los próximos planes de obras en el sector transporte es establecer que cantidad de kilómetros de renovación de vía, señalamiento y comunicaciones es necesario priorizar para ir adecuando la misma a las necesidades actuales y futuras.

Al respecto, cuenta con algunos sectores de la región metropolitana, los tramos Buenos Aires-Rosario y Buenos Aires-Mar del Plata y alrededor de 800 kilómetros de la ex línea Belgrano Cargas en los que se han hecho obras profundas de renovación de vías en los últimos diez años. El resto de las obras se computan anteriores a la década del 80, lo cual como se mencionó hace imprescindible continuar con las mejoras mencionadas.

Como conclusión puede expresarse que esa renovación de vías debería abarcar en los próximos diez años a alrededor del 80 % de la red troncal nacional, o sea alrededor del 22% de la red total identificada.

En lo que hace a las distintas trochas que se desarrollan en el mundo, Argentina tiene la característica de contar con varias trochas diferentes, lo cual la complica respecto de la posibilidad de que todos los trenes circulen por todas las regiones del país; no es el caso de las redes de otros países de América en las que predomina una o dos tipos de trocha; en América del Sur, salvo en el caso de Brasil que tiene también varias trochas, el resto de los países como máximo cuenta con una o dos trochas diferentes.

Asimismo, se registran problemas entre países para conectar directamente sus redes por esta situación, lo que genera en varios casos la necesidad de estaciones de transferencia de cargas en el límite entre países para asegurar la circulación.

La red argentina también tiene la particularidad de que cuenta con una red metropolitana en la ciudad de Buenos Aires por donde circulan trenes de pasajeros y con una red interurbana en el interior del país por la que circulan casi exclusivamente trenes de carga, por lo que temas pendientes a analizar en un futuro se refieren a priorizar algunos trenes interurbanos que unan ciudades importantes del país y mejorar servicios urbanos/regionales en las grandes ciudades del interior de Argentina.

7.2 La infraestructura ferroviaria: rieles, durmientes, balasto y otros insumos

Para poder realizar las obras mencionadas precedentemente se requiere, entre otros aspectos, contar con los insumos necesarios para su ejecución. La característica principal en cuanto a estos insumos es que en su gran mayoría no se producen en el país. No obstante ello, debe tenerse presente en este análisis que históricamente algunos de ellos fueron elaborados en Argentina y a través de la industria nacional.

7.2.1 Rieles

Es sabido que actualmente el país no produce rieles, a pesar de que históricamente si lo hizo. La idea es que la producción de rieles nacionales está relacionada íntimamente con la demanda interna generada por las obras de renovación de vías cumplido el plazo de amortización de los rieles y también por la posibilidad de exportación futura, básicamente a países limítrofes.

La inversión a realizar se hace significativa, por lo que si no están aseguradas esas dos actividades mencionadas anteriormente resulta complejo pensar en el mediano plazo contar con una fábrica de producción de rieles. Se estima que la inversión requerida para poder instalar una planta de fabricación de rieles en Argentina supera los 60 millones de dólares.

A nivel mundial hay varias normas que regulan la fabricación de rieles: la europea, la australiana/británica, la rusa, la china, la americana y la denominada ASCE. Si bien existen diferencias entre ellas, en general hay posibilidades de compatibilizar los distintos tipos de rieles fabricados en relación a dichas normas.

Son pocos los países que se dedican a la producción de estos insumos: algunos de la Comunidad Económica Europea, China, Estados Unidos y Canadá, y más cerca Brasil y México también tienen plantas fabricantes de rieles para el sistema ferroviario.

Todas estas empresas van mejorando anualmente la calidad de fabricación de estos insumos a partir básicamente de temas tecnológicos y de los distintos materiales que se van utilizando.

7.2.2 Durmientes

En este caso, tanto a nivel mundial como en nuestro país se utilizaron históricamente durmientes de madera para el sistema ferroviario; con el tiempo, y básicamente en función de la extinción de esos productos y de aspectos ambientales, comenzaron a aparecer otros materiales como el hormigón, el hierro y el plástico para su reemplazo.

Para ello sobresale actualmente y ampliamente el uso del hormigón; en general todos los países tienden a fabricar e incorporar durmientes de hormigón en sus redes, principalmente en las redes urbanas y de alta velocidad. El costo de los mismos es el que más se asemeja a los de madera y la fabricación de ellos se hace con mecanismos muy difundidos a lo largo del mundo.

Pero por otra parte, hay algunos países como Estados Unidos de América y Alemania que han avanzado en el recambio de algunos sectores de su red con durmientes de plástico; de todas formas, actualmente todavía predominan los de madera y hormigón en las redes de muchos países del planeta.

Uno de los factores por los cuales no se fabrican durmientes sintéticos a gran escala es el costo de los mismos; la otra que también toma importancia es el complejo proceso de fabricación de ellos, a partir de las mezclas necesarias para asegurar la fortaleza estructural requerida para asegurar la transitabilidad de los trenes.

En líneas generales puede decirse que no hay grandes avances técnicos registrados en este tema; sólo el reemplazo de los materiales puede registrarse como una posibilidad de sustitución en los próximos años. De todas formas, si debe mencionarse que una de los avances importantes es que a los durmientes se le están agregando microchips incorporados a los mismos que permiten realizar mediciones y controles adicionales para mejorar la calidad y la seguridad de los servicios ferroviarios ofrecidos.

En la República Argentina se fabrican actualmente durmientes de hormigón; al respecto hay cinco empresas que se dedican a la fabricación de estos productos, pero no en grandes cantidades. Es esperable que si se continúan las inversiones en infraestructura como se están llevando adelante, estos insumos podrán ser fabricados en mayor cantidad en el país sin inconvenientes.

Por otra parte, sería recomendable seguir investigando acerca de la posibilidad de incorporar otras alternativas, como por ejemplo lo referido a los durmientes sintéticos que ya están suficientemente experimentados a nivel mundial.

7.2.3 Balasto

En el caso del balasto, no hay mayores inconvenientes para la producción nacional de este tipo de insumos: basta contar con el tipo de piedra requerido y la granulometría obtenida a partir de los procesos correspondientes.

Argentina cuenta con zonas en las cuales la extracción de piedra se realiza en canteras sin inconvenientes: en la provincia de Buenos Aires, en Corrientes, en provincias linderas con la cordillera de Los Andes y en Córdoba hay sectores que ofrecen este tipo de productos en forma natural.

La red ferroviaria argentina no cuenta en su totalidad con superestructura de balasto en toda su red; gran parte de ella presenta los durmientes y los rieles apoyados sobre terreno natural. Es aconsejable al respecto que se vaya sustituyendo esta situación a medida que se vaya renovando la red puesto que el balasto asegura transitabilidad adecuada a los trenes básicamente de pasajeros.

De todas formas, también merece mencionarse que a nivel mundial se está avanzando en la elaboración de balasto del tipo artificial. Esto es a partir de experiencias realizadas hace ya varios años y básicamente a partir de dos posibilidades: producir balasto a través de hormigones especiales debidamente triturados y preparar balasto a partir de una mezcla controlada de caucho reciclado, poliuretano y piedra.

7.2.4 Sujeciones de vías: fijaciones y eclisas

Las fijaciones son las que aseguran el riel a la estructura portante de la vía, es decir a los durmientes y que permiten movimientos verticales y longitudinales necesarios para asegurar la transitabilidad de los trenes. Históricamente eran clavos y tornillos, luego fueron reemplazados por tirafondos y clavos con resorte y actualmente son fijaciones elásticas más sofisticadas.

A nivel mundial hay gran cantidad de fijaciones de acuerdo a las características de la vía, al tipo de durmiente y a las condiciones de seguridad; es decir no es lo mismo este tipo de insumos para una vía que transporta cargas que para otra por la que circulan trenes de alta velocidad.

Si bien en Argentina no se fabrican fijaciones, todas las empresas extranjeras cuentan con representantes en el país que se dedican a su venta. Hay una suerte de competencia entre algunas de ellas, pero en general todas son aplicadas en la red ferroviaria nacional. Teniendo en cuenta que por la red argentina no circulan trenes de alta velocidad, no es aplicable este tipo de insumos para dicha red, los que van variando permanentemente en función de las mejoras tecnológicas que se van implementando: así tanto las fijaciones tipo Pandrol como las denominadas tipo Vossloh son las que predominan en el mercado, ambas con orígenes europeos.

Por otra parte, las eclisas son perfiles metálicos que unen los rieles entre sí a través de su alma; hay distintos tipos de eclisas y también en el caso de las que se usan en Argentina son importadas. Cuando se decide la renovación de un tramo y en función de los durmientes a utilizar seguramente queda definido el tipo de fijación y las eclisas que se utilizarán en dicho tramo.

7.2.5 Equipos complementarios

Estos equipos complementarios son los denominados aparatos de vía y abarcan principalmente desvíos, traviesas y aparatos de cruce que completan los insumos necesarios para la construcción y mejoramiento de los sectores.

Al igual que en el caso de las fijaciones, hay varias empresas que fabrican este tipo de insumos en el mundo, todas las cuales tienen representación en Argentina. En los últimos años la estructura mecánica de estos equipos no ha registrado avances importantes, pero si debe mencionarse que la informática ha requerido la incorporación de elementos a los efectos de automatizarlos lo más posible, tratando siempre de mantener los requerimientos de seguridad en cada uno de los casos.

Argentina, si bien puede avanzar en incorporación de tecnología, está relativamente complicada para producir íntegramente estos equipos en los próximos años.

7.3 Equipamiento ferroviario y empresas constructoras

El equipamiento de las empresas para la construcción de infraestructura en un país está íntimamente ligado a la ejecución de obras: a mayor cantidad de kilómetros construidos, mayor cantidad de empresas y de equipos.

Al respecto, y hasta la primer década del siglo actual, eran muy pocas las obras ferroviarias que se ejecutaban y en su gran mayoría eran obras de mejoramiento y conservación. Por ello, la cantidad de empresas y de equipos estaba muy limitada y se utilizaba mucha mano de obra intensiva para la ejecución de los trabajos.

A partir de 2010 comenzaron a ejecutarse obras de renovación de vías y por lo tanto muchas empresas importantes que se dedicaban a otros rubros comenzaron a incorporarse al sistema y esto conllevó también a incorporar equipos.

En general los equipos pesados no se fabrican en el país y son importados de Brasil, Europa, Estados Unidos y hasta de China. Muchas de las empresas proveedoras tienen representación en el país, lo cual facilita el ingreso de los mismos. De todas formas, en Argentina no se prevén grandes avances en los próximos años que justifiquen compras más sofisticadas y que incorporen tecnologías muy recientes.

Los equipos fabricados actualmente en el mundo se clasifican según su tamaño, su utilidad y su versatilidad. Así entre los más sencillos se ubican las palas cargadoras, las máquinas taladradoras, los distintos tipos de sierras, los equipos esmeriladores, los tensores de carriles, las máquinas clavadoras, las máquinas de levante, las bateadoras, y otros más específicos para determinadas tareas.

Estos están siempre a disposición de las empresas constructoras sin demasiados problemas de comercialización y compra como ya se expresó a través de los representantes de las empresas fabricantes.

Por otra parte, existen en el mercado mundial equipos más sofisticados que realizan más de una tarea y que tienen costos más elevados; en este caso, en el país algunos se han ido incorporando en los últimos años y sólo se justifican para la realización de importantes obras de infraestructura y con continuidad en el tiempo.

En este grupo se pueden mencionar los trenes de rieles, los equipos cargadores de rieles, los tractores para mantenimiento de vías, las máquinas bateadoras, las multifunción, los trenes reguladores y perfiladores de balasto, las grúas de transporte y colocación de rieles, las tuneladoras para excavación y los equipos constructores de puentes, entre otros.

Como se expresó, algunos de ellos ya están incorporados en el país a partir de la compra por parte de las empresas ferroviarias estatales y en algunos casos de las empresas contratistas privadas que han tenido obras de renovación de vías en los últimos años; pero es evidente que para que una empresa privada amortice el alto costo de estos equipos deberá tener una continuidad razonable en la contratación de obras que generalmente son encaradas y contratadas por autoridades nacionales de quien depende la infraestructura ferroviaria.

7.4 Los trenes y el material rodante

En este tema el sistema ferroviario mundial si ha producido grandes avances en los últimos años; por un lado, y en el tema transporte de pasajeros, los países están promoviendo la construcción de sofisticado material rodante, básicamente para coches de alta velocidad, que son en los cuales la tecnología sigue avanzando a paso agigantado; por otra parte en varios países de Europa, América y Asia también se están fabricando coches para trenes convencionales que también cuentan con importantes avances tecnológicos.

Las mejoras en líneas generales se definen a partir de los diferentes ensayos que se realizan en las plantas constructoras; éstos abarcan desde choques de vehículos, dinámica ferroviaria, simulaciones, ensayos de confort, mejoras tecnológicas en las cabinas del conductor y de los pasajeros, etc, todas ellas tendientes a mejorar la calidad de viaje y la seguridad de los usuarios.

Con respecto a las locomotoras, básicamente para los servicios urbanos predomina en el mundo la reconversión del sistema diésel al sistema eléctrico y también se está investigando utilizar al hidrógeno como combustible, lo que mejora el medio ambiente respecto del uso del combustible diésel.

Este sistema también ya ha comenzado a competir con el eléctrico y cuenta con servicios ya operando; a pesar de ello, tiene altos costos de provisión del elemento combustible por lo que se está implementando en pocos países del mundo, estimándose que a pesar de tener amplias ventajas desde el punto de vista ambiental, sería complejo avanzar en Argentina en el corto plazo con este tema.

Por otra parte, en el caso de los vagones, no hay demasiada variación en la construcción de estos equipos a nivel mundial, solamente se tiende a que la carga y la descarga se realice con más rapidez y de la forma más sencilla posible. Si también merece mencionarse la incorporación de la informática no sólo para la carga y la descarga sino también para el seguimiento de los mismos.

Al respecto se siguen fabricando vagones con las características históricas en cuanto a su uso, donde predominan vagones tolvas (graneles agrícolas, minerales y cemento) vagones tanque, plataformas intermodales para carga general y autos, para carga general y contenedores y playos.

En este aspecto se destaca el avance a nivel mundial de la multimodalidad en el sector transporte, es decir que los camiones puedan ser subidos a una plataforma ferroviaria y hagan parte de sus trayectos por ferrocarril, lo que junto con el avance de la containerización de los productos, marcarán las prioridades en los próximos años en lo que hace a construcción de nuevos equipos.

También hay una tendencia a construir vagones con mayor capacidad de carga y a formar trenes con mayor cantidad de vagones, lo cual estará limitado en un futuro por la capacidad de carga de cada una de las redes de los distintos países.

La situación en el país va evolucionando y mejorando año a año, lo que implica que hay interés de recuperar la construcción y modernización de material rodante, tanto de pasajeros como de cargas, tal cual como ocurría hace muchos años. De todas formas, el tema pasa por dos fases: por un lado la referida a construcción de equipos y por otra parte lo relacionado a reparación de los mismos.

Como resumen de lo expresado, puede decirse que en Argentina se tiende a intentar en los próximos años retomar la construcción de coches y vagones, realizando acuerdos con empresas extranjeras para que además de la venta de sus nuevos equipos incorporen en los contratos en una etapa posterior la construcción de los mismos en los talleres del país, transfiriendo a través de esa instancia la tecnología como para poder posteriormente volver a desarrollar la industria nacional.

Con respecto a las locomotoras, el tema es más complejo y en una primera etapa se están comenzando a fabricar carrocerías en el país, a las que se le incorporan los motores y otros elementos integrantes de las máquinas con mayoría de provisión del extranjero. En este sentido las locomotoras diésel pueden tener mayores posibilidades de fabricación nacional teniendo presente que ya las mismas se fabricaban hace más de 50 años en el país.

Finalmente merecen citarse otras experiencias que se están desarrollando en el mundo tendientes a aumentar la velocidad de circulación de los trenes pero que se estima no serían aplicables en el país en los próximos años: estas son entre otras el desarrollo de los trenes a levitación magnética (Maglev), los trenes monorriel, los aerotrenes y los trenes sobre ruedas para alta velocidad. En general el objetivo de los mismos consiste en aumentar la velocidad de cruce, lo cual día a día va variando en el mundo y actualmente estas investigaciones han logrado superar velocidades de 600 kilómetros por hora. El caso de los monorrieles no está tan impulsado hacia ese objetivo, por desarrollarse en general en cortas distancias y en zonas urbanas.

7.5 Digitalización en el transporte ferroviario

A nivel mundial este tema se convierte en uno de los más sensibles en el sector ferroviario. En primer lugar porque se le van incorporando permanentemente mejoras tecnológicas y por otra parte porque la implementación de los mismos no sólo genera altos costos sino también porque requiere permanente especialización del recurso humano para su operación.

Si se analiza la evolución se observa que por ejemplo en el caso del señalamiento se ha pasado a lo largo de los años de un manejo manual a la total automatización; otro tanto ocurre con las comunicaciones que han evolucionado desde el uso del telégrafo hasta los sistemas actuales basados en las tecnologías de teléfonos móviles como la aplicación del reciente 5G.

Pero la digitalización no ha sido solamente en lo referido al señalamiento. También se ha avanzado en lo referido a las infraestructuras ferroviarias y al material rodante.

En lo que hace a la infraestructura permite en lo operativo aumentar la capacidad de transporte en áreas urbanas, reducir costos de mantenimiento, extender las redes en proyectos globales y mejorar el uso de las estaciones y los servicios de información. Pero también está contribuyendo a diseñar redes que mejoren los trazados existentes y reduzcan los costos de construcción de dichas infraestructuras.

Por otra parte, en el caso del material rodante permite que los trenes sean manejados automáticamente de centros de control operativos y que en las etapas de diseño de los equipos se apliquen sistemas informáticos que mejoren la calidad de los equipos a construir.

En el caso del señalamiento y las comunicaciones, no sólo la automatización de los servicios permite mejorar la eficiencia de los mismos; la inclusión de elementos como los ATS y ATP permiten darle mayor seguridad a la circulación de las formaciones y evitar accidentes en el sistema ferroviario. Con referencia a las comunicaciones, se están aplicando sistemas que van integrando a las redes de los distintos países a los efectos de darle continuidad a los trenes de pasajeros que circulan por más de uno de ellos. De todas formas, cada país incorpora permanentemente sistemas de comunicación más modernos debido a los requerimientos fundamentalmente de los trenes de alta velocidad.

El tema del señalamiento y las comunicaciones debe ser tratado con celeridad en el sistema ferroviario argentino; si bien no se está pensando en propiciar el avance de trenes de alta velocidad en los próximos diez años, si se ha previsto en el Plan elaborado oportunamente por la Cámara de la Construcción la implementación de algunos trenes interurbanos de pasajeros de alta prestación que puedan alcanzar hasta 120 kilómetros de velocidad máxima.

Esto conlleva a plantear que en aquellos ramales interjurisdiccionales donde se prevé compartan la circulación los trenes de pasajeros y de cargas deberá tenerse muy en cuenta la modernización de los sistemas tanto de señalamiento como de comunicaciones. Por otra parte, es también de importancia como se observa en todo el mundo la homogeneización de los mismos, de modo que cuando se decida el mejoramiento integral se adopten tecnologías uniformes para el control y seguimiento de dichos trenes.

7.6 Los recursos humanos

El tema de los recursos humanos se convierte en clave a la hora de introducir muchas de las mejoras tecnológicas en el mundo. La cantidad de empleados de cada empresa, sus salarios, las compensaciones económicas y los retiros voluntarios, la edad de los agentes, la reinserción en distintas actividades, la capacitación, los incentivos, etc, son muchos de los factores que se analizan permanentemente a nivel mundial para poder hacer eficiente los servicios ferroviarios en el mundo.

Actualmente los avances tecnológicos y la informática en el mundo están creando la necesidad de capacitación y selección de personal acorde con las nuevas tareas que se realizan. Esto implica, entre otros aspectos, elevar los niveles educativos de los agentes que se incorporan o generar actividad de capacitación para la planta con la que cuentan las empresas.

La historia ferroviaria en Argentina referida a los recursos humanos fue muy variable a lo largo de los años. Para reducir el análisis a los últimos 40 años, luego de las privatizaciones hubo un descenso importante en la cantidad de agentes en los servicios ferroviarios; por otra parte, otro aspecto que influyó en la eficiencia del sistema fue las distintas organizaciones que fue adoptando el ferrocarril en sus organización interna.

No obstante ello, se percibe que, básicamente debido a la existencia de las organizaciones gremiales el sistema siempre mantuvo un cierto equilibrio en lo que hace a la relación cantidad-especialización de sus agentes; por otra parte, si bien hubo etapas de situaciones más complejas, en general los agentes ferroviarios siempre mantuvieron niveles salariales adecuados a las tareas que realizan.

Otro aspecto a mencionar es la capacitación; recién en los últimos años se comenzó a interactuar en este tema y el Gobierno Nacional comenzó a impulsar actividades para la formación en distintos tipos de especializaciones; antes de ello, sólo las organizaciones sindicales y algunas empresas privadas crearon conciencia en sus trabajadores acerca de actividades de capacitación y prácticas en el terreno.

7.7 Otros comentarios finales

Muchos aspectos que contribuyen a la modernización del sector ferroviario van produciéndose día a día, siendo este un sector muy dinámico. Es cierto que el deterioro alcanzado hace décadas en Argentina no permite en el corto plazo avanzar un muchos de estos aspectos porque sería imposible abarcar todas las mejoras tecnológicas a la vez.

Esto implica que deberán priorizarse dentro de ellas aquellas que vayan generando un desarrollo sostenido a lo largo de los próximos años, para lo cual se hace necesario establecer una planificación a nivel de política de estado que priorice las necesidades más urgentes para que el sistema pueda continuar su desarrollo.

Otro aspecto a tener en cuenta es el fortalecimiento de la industria ferroviaria nacional. Como se ha observado en el documento, la mayoría de los insumos necesarios para la construcción y operación no son fabricados en el país. De ahí que será importante promover el desarrollo para lo cual se entiende que con una política con continuidad se podrá refundar dicha industria no solamente pensando en la provisión nacional sino también con la posibilidad de ofertar estos productos a nivel regional.

La fabricación de rieles, de durmientes, la reconstrucción y construcción de material rodante y algunos otros temas deberán ser puestos en agenda a la brevedad como hitos posibles del fortalecimiento futuro de la industria nacional.

8. BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 1

- Datos generales de ferrocarriles
- C.I.A.-WORLD FACTBOOK-2019
- Historia y política del transporte en los EE. UU.
- SAFE ROUTES TO SCHOOLS MARIN COUNTY-TAM
- Los ocho países con las redes ferroviarias más extensas del mundo
- WIKIMEDIA-2019
- Mapa de alta velocidad de Europa
- Mapas de CANADA, EUROPA, RUSIA, USA, CHINA e INDIA
- El mercado del ferrocarril en Australia
- ICEX-2012.
- Segundo seminario de ferrocarriles de carga
- MINISTERIO DE TRANSPORTE DE CHILE-2017

CAPITULO 2

- Manual integral de vías
- NCA-ARGENTINA-2014
- Páginas web de empresas privadas: PANDROL, WHOSSLO, etc
- Traviesas de nueva generación que pueden producir electricidad
- COMISION EUROPEA-2018-ITALIA
- Traviesas inteligentes para acabar con el traqueteo del tren
- RAILASTUR-2019-ESPAÑA.
- Análisis técnico y económico del uso de durmientes reciclados en el proyecto: Estudio del mejoramiento de la conexión urbana de Concepción y Río Biobio
- CASTILLO PINO-ANTONIO JAVIER-UNIVERSIDAD TECNICA SANTA MARÍA-2019
- Ingeniería de vías férreas
- ING. JOSE ANTONIO GUERRERO FERNANDEZ-2017-MEXICO
- Diferentes tipos de fijaciones
- JOSE ABADIA ALMODA-ESPAÑA 2013
- Sujeciones de vía
- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA-2009
- Nuevas alternativas para su empleo como balasto en líneas del ferrocarril
- ESCOLA DE CAMINOS-BARCELONA-ANDRES PITTA-ESPANA-2013
- El balasto, la cama de piedra por la que circulan los trenes
- IVAN RIVERA-2019
- Durmientes de plástico
- NEXCASTLE-PENNSYLVANIA-2016
- Análisis de un durmiente de material plástico sujeto a cargas dinámicas por impacto
- CARLOS ZAMORA VAZQUEZ-UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO

- INDRA Y GREEN RAIL colaborarán en el diseño de una traviesa inteligente que mejorará la seguridad y el mantenimiento ferroviario con menor coste
- INDRA-2018-ESPAÑA
- Nuevo sistema de traviesas para las líneas de metro de Bakú
- GRUPO VOLLERT-2017-ALEMANIA
- Rail one aumenta la capacidad de producción de la fabricación de traviesas de hormigón
- WECKEMANN-2018-ALEMANIA
- Traviesas de nueva generación que pueden producir electricidad
- COMISION EUROPEA-2018-ITALIA
- Traviesas inteligentes para acabar con el traqueteo del tren
- RAILASTUR-2019-ESPAÑA
- El control de los durmientes, una tarea cotidiana luego de un recambio escandaloso
- DARIO PALAVECINO-2019-ARGENTINA

CAPITULO 3

- Empresas consultadas: ROBEL, COLMAR, IMF, GOLDSMITH, COPASA, MAQUINAS CHINAS, etc
- La bateadora versus la reguladora de balasto en las obras de vía
- AGR. JORGE DIAZ BOLLEA-ARGENTINA

CAPITULO 4

- Sexto informe de seguimiento de la evolución del mercado ferroviario.
- INFORME DE LA COMISION AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO- BRUSELAS -2019
- Red ferroviaria europea de la alta velocidad: no una realidad sino un sistema fragmentado e ineficaz
- TRIBUNAL DE CUENTAS EUROPEO- 2018
- La gran batalla del mercado por el tren
- MARIA FERNANDEZ-ESPAÑA-2016

CAPITULO 5

- El sistema Da Vinci. Control de tráfico para alta velocidad
- EADIC- 2020
- Digitalización y automatización del transporte ferroviario de mercancías
- FRPRAIL II-INDRA-2020
- CAPITULO 6
- Integración de los factores humanos en los ferrocarriles europeos
- EUROPEAN UNION AGENCY FOR RAILWAYS-2019
- ITT Federación Internacional de trabajadores del Transporte
- 2020
- Resultados de la privatización de los ferrocarriles en América Latina
- RICHARD SHARP- THE WORLD BANK-2005