

Universidad Nacional Autónoma de México



Faculta de Ingeniería

División de Ingeniería Civil y Geomática

"TRANSPORTE DE CARGA FERROVIARIO EN MEXICO:
PERSPECTIVAS Y REALIDADES"

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

1

Presentan

María Eugenia Camacho Ledesma

Talía Eunice Rico Nieto

Director de Tesis

Marco Trejo Hernández

México D.F. Ciudad Universitaria 2015



Transporte de carga ferroviario en México: Perspectivas y Realidades.

Índice

Introducción.....	6
I. Antecedentes Históricos del Ferrocarril	7
I.1. Historia y Evolución del Ferrocarril en el mundo.....	7
I.2. Historia y Evolución del Ferrocarril en México	21
II. Características	28
II.1 Infraestructura.....	28
II.2 Material rodante	48
II.3 Operación	72
III. Aspectos generales del Ferrocarril (Operación)	75
III.1 Importancia del Ferrocarril como medio de transporte de carga.....	75
III.2 Sistema actual (estadísticas, cifras).....	79
IV. Proyectos Ferroviarios de carga	93
IV.1 Libramiento ferroviario Celaya.....	96
IV.2 Libramiento ferroviario Guadalajara – Aguascalientes.....	104
IV.3 Libramiento ferroviario y nuevo patio de Morelia.	115
IV.4 Libramiento ferroviario de Manzanillo	122
V. Conclusiones Generales	133
Conclusiones Personales	139
Bibliografía	143
Referencias.....	143
Documentos PDF consultados.....	144
Páginas de Internet consultadas	146
Presentaciones en Power Point.....	146
Conferencias	146

Índice de figuras

Figura 1. Secciones de los rieles y la pista.....	7
Figura 2. El Istmo de Corinto	8
Figura 3. Extremo oeste de la Diolkos. Sobre la base de Verdélis, Anaskaphe (1960).	8
Figura 4. Vía Angosta	29
Figura 5. Riel.....	31
Figura 6. Dimensiones reglamentarias del Durmiente	34
Figura 7. Diagrama de Infraestructura y superestructura.....	37
Figura 8. Corte y terraplén en terracerías.....	38
Figura 9. Media Ladera y trinchera	39
Figura 10. Terraplén.....	40
Figura 11. Superestructura y Subestructura.....	41
Figura 12. Distribución de los patios en una estación de carga	44
Figura 13. Características principales del patio de Joroba	45
Figura 14. Patio de gravedad de una estación.....	47
Figura 15. Longitud de vías férreas en el mundo, 2006 (un millón de kilómetros)	80
Figura 16. Evolución del Ingreso Medio de Operación	81
Figura 17. Crecimiento tráfico ferroviario Carga (millones de toneladas-kilómetro)...	84
Figura 18. Evolución de Carga Ferroviaria (millones de toneladas).....	84
Figura 19. Índice de crecimiento PIB y Transporte terrestre.....	85
Figura 20. % de participación en el mercado de transporte terrestre (tonelada-kilómetro).....	85
Figura 21. Tráfico ferroviario 2010 por grupos de producto (toneladas-kilómetro)....	86
Figura 22. Crecimiento Tráfico ferroviario por grupos de productos (millones de toneladas-kilómetro).....	88
Figura 23. Transporte. Principales productos industriales	88
Figura 24. Transporte ferroviario de mercancías de alto valor.....	89
Figura 25. Tráfico ferroviario Internacional.	90
Figura 26. Densidad infraestructura ferroviaria	91
Figura 27. Flota, Locomotoras	91
Figura 28. Productividad, Locomotoras	92
Figura 29. Disponibilidad de equipo (%).....	93
Figura 30. Disponibilidad de equipo (%).....	94
Figura 31. Velocidad comercial de trenes de carga (km/hora).....	95
Figura 32. Puntos relevantes para definir los tramos de recorrido FXE y KCSM.....	101
Figura 33. Ubicación del trazo propuesto.....	104
Figura 34. Localización del municipio de Morelia.....	115
Figura 35. Estructura ferroviaria actual y ubicación	116
Figura 36. Cruce a nivel urbano – ferroviarios afectados	117
Figura 37. Zona de afectación vehicular directa	118
Figura 38. Trazo actual y trazo del proyecto.....	120
Figura 39. Túnel Ferroviario y vialidades adyacentes a los portales. Manzanillo, Colima.....	124
Figura 40. Túnel Ferroviario y vialidades adyacentes a los portales. Manzanillo, Colima. Portal Norte	126
Figura 41. Túnel Ferroviario y vialidades adyacentes a los portales. Manzanillo, Colima. Vista frontal del Portal	126

Figura 42. Libramiento de Manzanillo y Túnel..... 127
 Figura 43. Conexión del puerto al Centro y Norte del país 127
 Figura 44. Vista de planta del patio Tepalcates 131
 Figura 45. Sección transversal de las cuatro vías del patio Tepalcates 132

Índice de fotografías

Fotografía 1. Diolkos, viendo desde el este hacia las paredes 8
 Fotografía 2. Funicular de Hohensalzburg 10
 Fotografía 3. Funicular de Hohensalzburg (Exterior). 10
 Fotografía 4. Locomotora Rocket de Stephenson 12
 Fotografía 5. Secciones de los rieles y la pista 13
 Fotografía 6. Primera locomotora de corriente alterna 14
 Fotografía 7. BR 501 16
 Fotografía 8. Tranvías Pacific Electric Railway en un deshuesadero, 1956 17
 Fotografía 9. Tren bala de Japón 18
 Fotografía 10. Terminal Intermodal 20
 Fotografía 11. Ferrocarriles en México 21
 Fotografía 12. Vías de Ferrosur Veracruz 2011 30
 Fotografía 13. Ferrosur Veracruz 35
 Fotografía 14. Cambio de vía de tren de ferrosur 36
 Fotografía 15. Caja de Trailer 48
 Fotografía 16. Carro Trinivel 49
 Fotografía 17. Carro tanque 43' 50
 Fotografía 18. Chasis 52
 Fotografía 19. Contenedor 53' 53
 Fotografía 20. Furgón 60' 54
 Fotografía 21. Góndola cubierta 56
 Fotografía 22. Iso Tank Wagon 57
 Fotografía 23. Plataforma de carga 58
 Fotografía 24. Plataforma Intermodal Maxi Stack III (doble estiba) 59
 Fotografía 25. Roadrailer 60
 Fotografía 26. Tolva abierta 61
 Fotografía 27. Tolva cerrada 62
 Fotografía 28. EMD-SD40-2 3,000 Hp's 66
 Fotografía 29. GE-C30-7 "Super 7". 3,000 Hp's 66
 Fotografía 30. EMD-GP38-2. 2,000 Hp's 67
 Fotografía 31. GE AC4400CW. 4,400 Hp's 67
 Fotografía 32. GE ES44AC. 4,400 Hp's 68
 Fotografía 33. EMD SD70ACe, SD70MAC. 4,300 Hp's 68
 Fotografía 34. Locomotora diésel 8578 69
 Fotografía 35. Locomotora diésel 8716 69
 Fotografía 36. General Electric E60C-2 (único modelo). 6,000 HP 's 71
 Fotografía 37. Vías de Ferrosur Veracruz 2011 74

Índice de Tablas

Tabla 1. Capacidad de carga y dimensiones de las cajas de tráiler.....	49
Tabla 2. Capacidad de carga, dimensiones y volumen del carro multinivel	49
Tabla 3. Capacidad de carga y dimensiones del carro tanque	50
Tabla 4. Capacidad de carga y dimensiones del contenedor	53
Tabla 5. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes de los furgones.....	54
Tabla 6. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes; furgón automotriz.....	54
Tabla 7. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes de la Góndola.....	55
Tabla 8. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes de la Góndola cubierta	56
Tabla 9. Capacidad de carga y dimensiones del Iso tanque.....	57
Tabla 10. Capacidad de carga y dimensiones de las plataformas.....	58
Tabla 11. Capacidad de carga y dimensiones de la plataforma Intermodal Maxi	59
Tabla 12. Capacidad de carga y dimensiones del Road Railer	60
Tabla 13. Capacidad de carga, dimensiones y volumen de la tolva abierta.....	61
Tabla 14. Capacidad de carga, dimensiones y volumen de la tolva cerrada.....	62
Tabla 15. Kilometraje de vías por empresa al 2010.....	90
Tabla 16. Casos de arrollamiento anual de personas y vehículos.....	100
Tabla 17. Tiempos y Velocidades de recorrido por tren (KCSM).....	102
Tabla 18. Tiempos y Velocidades de recorrido por tren (FXE).....	102
Tabla 19. Estadística de Carga Ferroviaria en la Zona de Proyecto, Año 2010	105
Tabla 20. Corredor Manzanillo – Piedras Negras	106
Tabla 21. Corredor Manzanillo - Nuevo Laredo.....	106
Tabla 22. Corredor Manzanillo – Ciudad Juárez.....	108
Tabla 23. Corredor Manzanillo – Tampico.....	108
Tabla 24. Distancias	114
Tabla 25. Demora Promedio Generada a los Usuarios	120
Tabla 26. Intervenciones en tierra (Ciudad de Manzanillo)	125
Tabla 27. Intervenciones en tierra (Cerro de San Pedrito)	125
Tabla 28. Intervenciones en la laguna de Coyutlán (VasoII)	125
Tabla 29. Resumen del Proyecto.....	128
Tabla 30. Escenario de demanda de carga contenerizada en la costa Oeste de América del Norte (Millones de TEU ´s).....	129
Tabla 31. Estructura de la vía	130

Introducción

En la actualidad al escuchar hablar de ferrocarriles nos hace pensar y preguntarnos ¿Qué paso con ellos?; si, en verdad no se habla mucho de ellos, sabemos que en algunos lugares tenemos vías abandonadas, que hay otras por las cuales aún circulan ferrocarriles, ¿Pero qué es lo que sucede en realidad con ellos? se dedican solo al transporte de carga porque en el aspecto de pasajeros está muy abandonado, se necesita conocer más de lo que sucede con este medio de transporte, se necesita difundir mucho más y promoverlo ya que es un gran beneficio para la sociedad, se tienen vías importantes, pero aun así nos hace falta potencializar las actuales y crear más, por lo cual este trabajo está enfocado a ver la realidad de los Ferrocarriles en México, tomando en cuenta desde su inicio y como es que llegan hasta donde ahora están, así como que es lo que se puede esperar más adelante viendo siempre a futuro. Tratando de difundir y dar a conocer más del transporte de carga en nuestro país.

El transporte de mercancías es esencial para el desarrollo de la sociedad de consumo de masas. Se transporta todo tipo de productos que pueden ser comercializados o transformados. Viajan, habitualmente, en contenedores o paquetes, que facilitan las operaciones de carga y descarga.

En el siguiente trabajo se describe en el capítulo I los antecedentes del ferrocarril y su evolución en el mundo así como en México, en el capítulo II se presenta la infraestructura del ferrocarril que incluye las vías, instalaciones, patios, material rodante, etc.

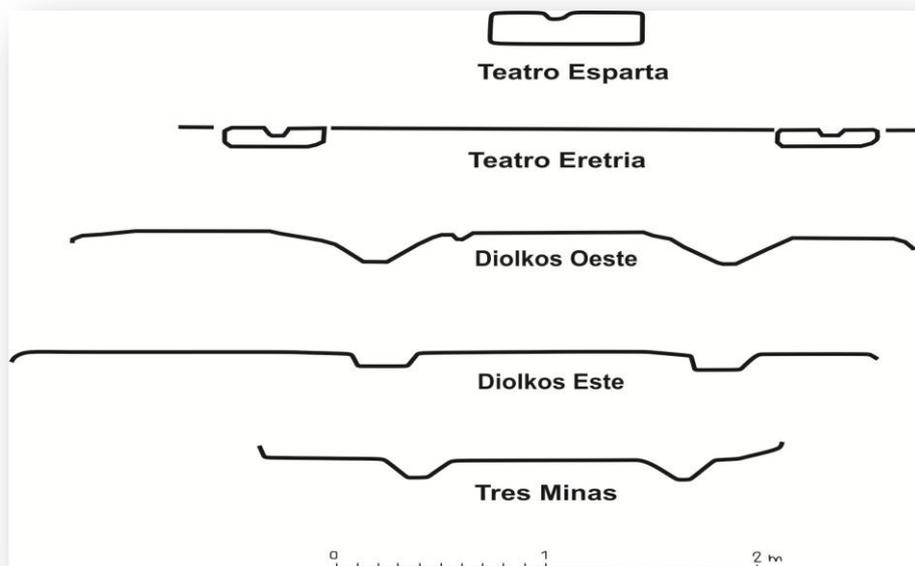
En el capítulo III se verá la importancia del ferrocarril como transporte de carga, cifras y estadísticas del sistema actual y en el capítulo IV se revisarán algunos proyectos ferroviarios como acortamientos y libramientos de zonas urbanas para aliviar las afectaciones a la población y liberando valioso espacio de derecho de vía en el centro de las ciudades, con enorme potencial para convertirse en corredores de transporte público urbano.

I. Antecedentes Históricos del Ferrocarril

I.1. Historia y Evolución del Ferrocarril en el mundo

Uno de los primeros antecedentes de línea ferroviaria de los que se tiene conocimiento es una obra que seguía el camino del estrecho de Corinto en Diolkos y contaba con 6 kilómetros de longitud, este camino era utilizado para transportar barcos a través del istmo de Corinto (figura 2) durante el siglo VI A. C. Las plataformas eran empujadas por esclavos, las cuales eran guiadas por surcos labrados sobre piedra. Ésta línea funcionó durante 600 años. La función primordial de los Diolkos fue la transferencia de bienes, aunque en tiempos de guerra se convirtió en un instrumento privilegiado para la aceleración de las operaciones navales. La combinación de estos modos de transporte, similar a una vía férrea como transporte terrestre y los barcos seguían siendo únicos en la antigüedad ¹

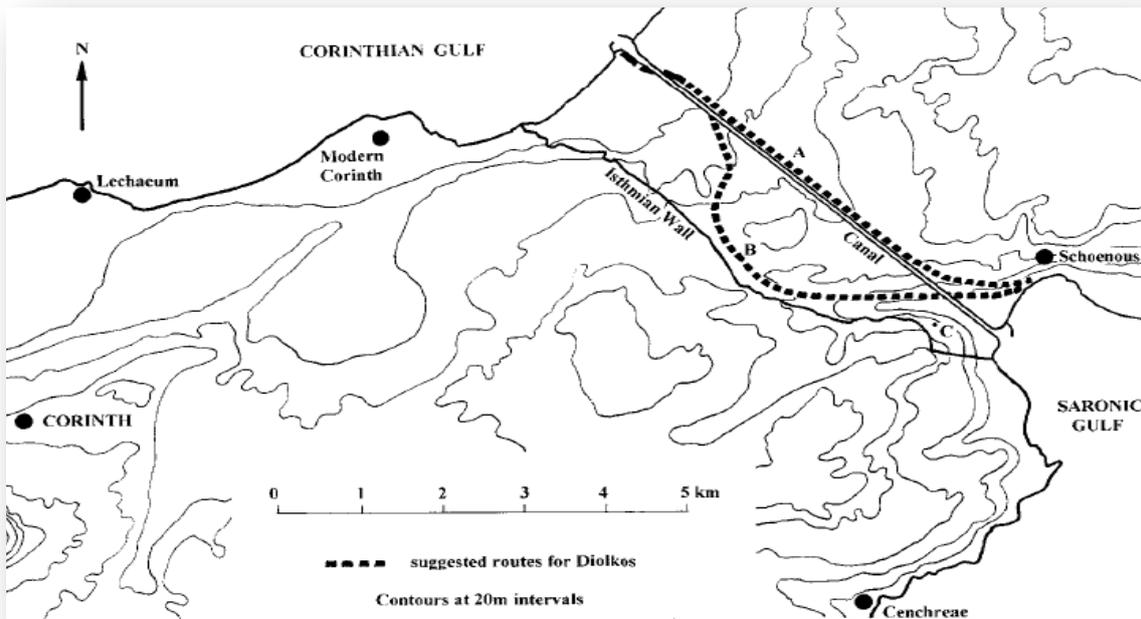
Figura 1. Secciones de los rieles y la pista



Fuente: Los Ferrocarriles Griego y Romano en el mundo. PDF

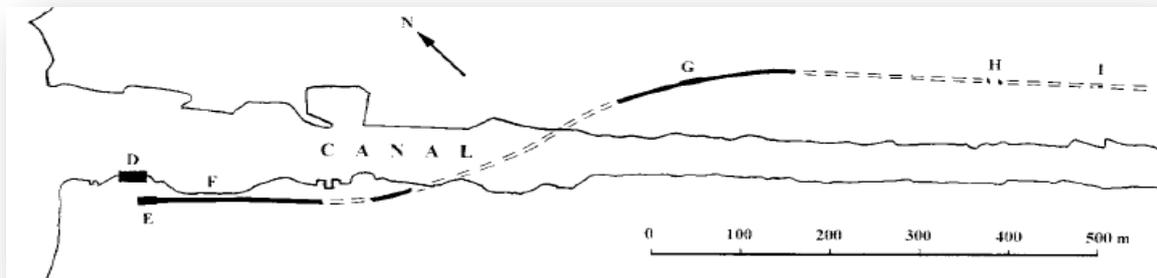
¹Lewis, M. J. T. "Railways in the Greek and Roman World" (pdf). Consultado el 24 de febrero de 2012

Figura 2. El Istmo de Corinto



Fuente: En base de mapas Raepsaed, Diolkos. Los Ferrocarriles Griego y Romano en el mundo. PDF

Figura 3. Extremo oeste de la Diolkos. Sobre la base de Verdellis, Anaskaphe (1960).



Fuente: En base de mapas Raepsaed, Diolkos. Los Ferrocarriles Griego y Romano en el mundo. PDF

En el tramo norte del canal son en su mayoría terrenos militares. D, extremo occidental; G, rampa. El último punto I. Los primeros 600m al final del oeste, en la medida en que la "la rampa", comprende un tramo asfaltado, 3,4 a 6,0 m de ancho, de piedra caliza con disco duro poros surcos paralelos de poca profundidad sección "V" en centros de 167 cm (5 pies 6 pulgadas) y variando en profundidad de casi nada de 20cm (sección, Fig 1).

Fotografía 1. Diolkos, viendo desde el este hacia las paredes



Fuente: <http://www.google.com.mx/imgres?q=camino+de+diolkos>

En la Alta Edad Media reaparecieron los ferrocarriles. El cardenal Matthäus Lang en el año de 1515 describe un funicular en el castillo de Hohensalzburg, Austria, llamado "Reisszug". La línea utilizaba carriles de madera y era accionada por una cuerda de cáñamo la cual era movida por fuerza humana o animal. En la actualidad la línea aún sigue funcionando, aunque ha sido sustituida en su totalidad por materiales modernos y es una de las líneas más antiguas en servicio.^{2 3}

²Kriechbaum, Reinhard. "Die große Reise auf den Berg", der Tagespost.

³"Der Reisszug - Parte 1 - Presentación". Funimag. Febrero de 2012.

Fotografía 2. Funicular de Hohensalzburg



Fuente: <http://www.flickr.com/photos/anomieus/3939348676/>

Fotografía 3. Funicular de Hohensalzburg (Exterior).



Fuente: <http://www.flickr.com/photos/anomieus/3939348676/>

Las líneas de vía estrecha que eran de rieles de madera empezaron a generalizarse en las minas europeas hacia el año de 1550.⁴ En el siglo XVII los vagones de madera trasladaban los minerales desde el interior de la mina hasta los canales donde se transbordaba el material al transporte fluvial. Al evolucionar estos sistemas, apareció el primer tranvía permanente en Pensilvania en 1810, el "Leiper Railroad".⁵

En 1768 fue fabricado el primer carril con hierro formado por un cuerpo de madera recubierto por una chapa. Esto fue el paso para la elaboración de vías más complejas y aparecieron los cambios de agujas.^{6 7} En 1790 en el Reino Unido se utilizan los primeros carriles de acero.⁸ En 1803 se inaugura el primer ferrocarril público tirado por caballos.⁹ La invención del hierro forjado en el año de 1820, permitió aumentar su longitud a 15 metros¹⁰ y ya en 1857 se hacen definitivamente los carriles de acero.

A partir de la observación del trabajo en las minas, el ingeniero británico Richard Trevithick ideó la primera locomotora de vapor que se desplazaba por rieles, en 1804. Cuatro años después realizó la presentación del nuevo vehículo, formado por una locomotora que arrastraba una vagoneta a lo largo de un breve recorrido. Aunque el sistema acabó descarrilando, la experiencia alentó nuevos intentos, que culminaron en la puesta en marcha de las primeras locomotoras destinadas no ya a la simple demostración, sino a la comunicación entre núcleos a distancia.

En el año de 1825 en Inglaterra, con la locomotora Rocket de Stephenson (fotografía 4) dio inicio la red ferroviaria, que corría de Stockton a Darlington, en 1830 se inaugura la línea entre Manchester y Liverpool y el primer servicio de pasajeros. En el Reino Unido comienza una masiva inversión de capital para construcción de líneas férreas las cuales son imitadas por el resto del mundo.¹¹

⁴ Documento Georgius Agricola (1913). De re metallica. ISBN 0486600068. Consultado en febrero de 2012

⁵ Morlok, Edward K. "First permanent railroad in the U.S. and its connection to the University of Pennsylvania". Consultado febrero de 2012.

⁶ Coalbrookdale Railways (pt 1). Encyclopedia Britannica. 1902. ISBN 187252463X. Consultado febrero de 2012

⁷ Vaughan, A. (1997). Railwaymen, Politics and Money.

⁸ Marshall, John (1979). The Guinness Book of Rail Facts & Feats.

⁹ Early Railways. Stephenson Locomotive Society. Consultado marzo 2012.

¹⁰ Skempton, A.W. (2002). A biographical dictionary of civil engineers in Great Britain and Ireland, John Birkinshaw. pp. 59-60.

¹¹ Historia del ferrocarril en México <http://www.stfrm.org.mx/>

Fotografía 4. Locomotora Rocket de Stephenson



Fuente: Museo de ciencias de Londres.

Robert Davison inició los trenes eléctricos en 1838, consistía en un carruaje equipado con baterías alcanzando 6.4 kilómetros por hora.

En 1840 Biada comienza a desarrollar e impulsar el proyecto del ferrocarril entre Barcelona y Mataró, destinado al transporte de mercancías y viajeros. El 28 de octubre de 1848 inaugura el ferrocarril con su salida oficial de la estación de Barcelona y la llegada a Mataró. El viaje de vuelta se realizó en 35 minutos. El ferrocarril fue un éxito total y contribuyó a facilitar el crecimiento y la prosperidad del Meresme.

En 1857 se usan por primera vez los rieles de acero en Inglaterra, haciendo más eficiente el transporte de carga y pasajeros en ese país. En el año de 1863 se inaugura en Londres el primer ferrocarril metropolitano.

Fotografía 5. Secciones de los rieles y la pista



Fuente: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Az-gold-spike.jpg>

Uno de los 4 clavos ceremoniales chapados en oro utilizados (aunque no el último), que fue donado por el gobernador del Territorio de Arizona.

El primer ferrocarril eléctrico fue un tranvía que viajaba de Portrush y Giant's Causeway, al norte de Irlanda en el año de 1883, se alimentaba por un tercer riel. No fue sino hasta 1888 que se introdujeron los cables de ferrocarril en tranvías que hasta ese entonces eran arrastrados por caballos.

En Roslag, Suecia, se electrifica la primera línea ferroviaria. En la década de 1890 Londres, París y México (en 1896) entre otros, utilizan esta nueva tecnología para la construcción de líneas del metro urbanas. En ciudades medias, los tranvías fueron

comunes y el único medio de transporte durante varias décadas. Estas líneas utilizaron corriente continua y la primera línea de corriente alterna fue inaugurada en Austria en 1904.¹²

Fotografía 6. Primera locomotora de corriente alterna



Fuente: Kando_Kalman_mozdony.jpg

La primera locomotora CA del mundo en Valtellina (1898-1902). Motor: trifásico 3000V y 15 Hz (70km/h). Fue diseñado por Kálmán Kandó en la Compañía Ganz, Hungría.

En la Segunda Guerra Mundial hubo locomotoras en todos los frentes de combate. Fueron importantes en la Unión Soviética e incluso Estados Unidos facilitó muchas de éstas a los soviéticos para enfrentar la invasión alemana. Lastimosamente también fueron ocupadas para transportar a miles de personas a la muerte.

La mítica locomotora alemana la BR 52, es un modelo refaccionado por decirlo de alguna manera de la gran BR 50, según los especialistas, la "primera locomotora de guerra".

¹² Tokle, Bjørn (2003) (en Norwegian). Communication gjennom 100 år. Meldal: Chr. Salvesen & Chr. Thams's Communications Aktieselskab. p. 54.

Las grandes necesidades de locomotoras alemanas para trenes de mercancías en Alemania durante la segunda guerra mundial explica la proliferación del número de unidades producidas. En primer lugar, se simplificó la construcción de las series 44, 50 y 86 (por ejemplo, se eliminaron los levanta-humos, ausencia de la segunda ventana lateral de cabina en algunas máquinas), se anularon los pedidos para otras series de locomotoras.

La "primera locomotora de guerra" proviene de la serie 50. La construcción de la serie 52 no fue prevista en ningún programa de adquisición, ni siquiera en el de 1939. En 1941, se reconoció la necesidad de nuevas construcciones más simples. Este tipo de máquinas deberían, con una carga media por eje de 15 toneladas y una velocidad máxima de 80 km/h tanto marcha adelante como marcha atrás, tener las mismas prestaciones de las BR 50. Se deberían ahorrar cantidades significativas de material y de mano de obra con el fin de aumentar la rentabilidad.

La BR 50 fue simplificada: de las 6000 piezas por máquina fabricada en tiempo de paz, solo fueron necesarias 5000, de las cuales, 3000 fueron simplificadas, de tal manera que el peso en vacío de la locomotora y del tender pasó de 165 toneladas a 139 toneladas (a partir de 1943: 130 t). Se pudo ahorrar 6000 horas de trabajo por máquina.¹³

Las locomotoras de vapor dejan de funcionar tras la II Guerra Mundial ya que los costos se incrementaron y se impulso el desarrollo de los motores de combustión interna, que economizaron e hicieron más potentes las locomotoras diesel. A partir de esto varias compañías ferroviarias iniciaron la conversión de sus locomotoras para líneas no electrificadas por locomotoras diesel.

¹³ Locomotoras de Guerra. Revista digital FORO Segunda Guerra Mundial. <http://www.forosegundaguerra.com/>

Fotografía 7. BR 501

Fuente: <http://www.train.online.fr/i/t/trrbr501.jpg>

Con la producción a gran escala de autovías, el transporte ferroviario de pasajeros decayó, mientras tanto el transporte aéreo acaparo el mercado de viajes de larga distancia. La mayoría de los tranvías se sustituyeron por autobuses, mientras que la necesidad de transbordos hizo poco rentable el traslado de mercancías en distancias medias. Además, después de los acontecimientos del Gran escándalo del tranvía de los Estados Unidos el transporte ferroviario urbano se redujo considerablemente.

Antes de los años 1930 la gran mayoría de los desplazamientos se realizaban en transporte público, especialmente en el interior de las ciudades, y sólo el 10% de los estadounidenses poseían automóviles. Hasta que entre 1936 y 1950 empresas con gran interés en el automóvil, como General Motors, Standard Oil y Firestone crean la empresa National City Lines (NCL), que compra las redes de tranvías de 45 grandes ciudades de Estados Unidos para reemplazarlas por redes de autobuses fabricados por General Motors. Entre estas ciudades están Detroit, Nueva York, Oakland, Filadelfia, Saint-Louis, Salt Lake City, Tulsa, Baltimore, Minneapolis, Seattle y Los Ángeles.

Se acusa a la General Motors y a sus asociaciones de haber querido eliminar el sistema de transporte público de los Estados Unidos con el fin de desarrollar la industria del automóvil. En 1974 el procurador Bradford Snell lleva ante el Senate Judiciary Committee (Comité de Justicia del Senado) a General Motors por conspiración e intento de monopolio. Las empresas incriminadas fueron juzgadas por violación de la ley Sherman Antitrust y condenadas (con una multa de 5.000 dólares para General Motors y una multa simbólica de 1 dólar para el resto de asociados) por conspiración para favorecer la compra de autobuses General Motors pero no por haber eliminado a los tranvías.

Fotografía 8. Tranvías Pacific Electric Railway en un deshuesadero, 1956



Fuente: Junked streetcars.jpg

En 1973 la tendencia cambio a la baja por la crisis del petróleo, los tranvías que no se habían desmantelado han seguido hasta nuestros días por ser nuevamente rentables. Con la introducción de contenedores se mejoró la rentabilidad del transporte de mercancías.

En Japón, en el año de 1964, con el tren de alta velocidad se recuperó al viajero interurbano. (fotografía 9).

El primer tren bala japonés (conocido como Shinkansen) demostró que las grandes velocidades eran posibles. Los franceses perfeccionaron su TGV (Train à Grande Vitesse, 'Tren de Alta Velocidad'). La primera vía para TGV, desde el sur de París hasta Lyon, se terminó en 1983 lográndose una velocidad comercial de 270 km/h. En 1994 se habían terminado otras cuatro líneas para TGV, que ampliaban el servicio de trenes de alta velocidad desde París hacia el norte y oeste de Francia y se iniciaron las líneas hacia el sur y la frontera española. Su velocidad ha superado los 300 kilómetros por hora.

Fotografía 9. Tren bala de Japón



Fuente: google/imagenes

Pero la investigación aplicada por parte de la SNCF (Société Nationale des Chemins de fer Français, 'Sociedad Nacional de Ferrocarriles'), no se detuvo aquí y en pruebas con tren real efectuadas en mayo de 2007 un TGV alcanzó la marca mundial de velocidad sobre rieles con un registro de 574.8 kilómetros por hora (356 mph).

Los italianos y los alemanes han desarrollado su propia tecnología para las nuevas líneas de ferrocarril de alta velocidad y largo recorrido que ya han construido y están ampliando. La Unión Europea desea conectar estas nuevas líneas nacionales para poder ofrecer viajes internacionales en tren de alta velocidad sin interrupciones. Además de Japón, quien ha decidido construir una línea de alta velocidad y largo

recorrido para pasajeros es Corea del Sur, que emplea la tecnología TGV francesa en su proyecto de unir la capital Seúl con Pusan en el sureste peninsular. El tren de Corea del Sur presenta velocidades de más de 300 km/hr. El 16 de diciembre de 2004, éste tren HSR-350X efectuó un viaje de pruebas que alcanzó 352.4 km/hr.¹⁴ También está proyectada la línea de alta velocidad para la sección de Osong a Gwangju y Mokpo, y se espera que esté lista en 2017.¹⁵

En el último cuarto del siglo XX, la evolución de las vías férreas ha estado marcada por la reacción en el mundo desarrollado ante la fuerza de la competencia del transporte por carretera y por aire, por la explotación de la electrónica y por una rápida difusión de los sistemas de metro (urbanos), tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. Deseosas de evitar el colapso en el transporte por carretera, las ciudades secundarias pudieron permitirse un sistema de ferrocarril urbano gracias al renacimiento de los tranvías de superficie como alternativa económica y eficaz al elevado coste de construir un sistema de metro subterráneo tradicional. El tranvía moderno, llamado también vehículo de vía estrecha, puede alcanzar los 100 km/h y transportar a más de cien pasajeros por vehículo.

El transporte ferroviario de mercancías no escapa actualmente a la competencia que supone el transporte por carretera. Pero sucede que para llenar un tren se necesita un volumen grande de productos. Sólo cuando se dispone de carga suficiente en volumen y frecuencia para llenar uno que vaya desde la estación de origen sin paradas hasta la estación de destino, el ferrocarril muestra su poder competitivo. Así surgen los llamados trenes completos dedicados al transporte de mineral, carburantes, automóviles u otros productos, o los recientes trenes postales.

Siguiendo esta línea de llenar un tren a base de paquetería se concibe el transporte intermodal o mixto, desarrollado a partir de la creación del contenedor, un envase metálico modulado de un tamaño suficiente para adaptar uno o dos cajones de este tipo tanto a la plataforma de un camión como a la de un vagón ferroviario. En los

¹⁴ Documnto PDF Obtenido de la página Korea train eXpress. Transportation Revolution, the Korean High-Speed Railway.

¹⁵ <http://times.hankooki.com/lpage/200512/kt2005122217070710220.htm>

contenedores se acopla la mercancía de menor tamaño ganando en tiempo de manipulación, transporte y reparto.

Con este sistema, los contenedores llegan por carretera hasta las estaciones ferroviarias, llamadas terminales de carga, donde se pueden ir apilando, y posteriormente pasan a los trenes mercantes donde se transportan, después de un largo recorrido, hasta otra terminal desde la que se hace la distribución de mercancía (en los contenedores) mediante camiones, siguiendo un camino inverso al de recogida.

En los países desarrollados, estas terminales intermodales tienen un alto grado de mecanización con pórticos grúa o grúas marco y otros avances tecnológicos para conseguir que el transbordo de la carga del tren a camiones y remolques, y viceversa, sea un servicio ágil que favorezca el transporte con este sistema, que hoy resulta competitivo para el ferrocarril a partir de una distancia que se estima en unos 800 kilómetros.¹⁶

Fotografía 10. Terminal Intermodal

20

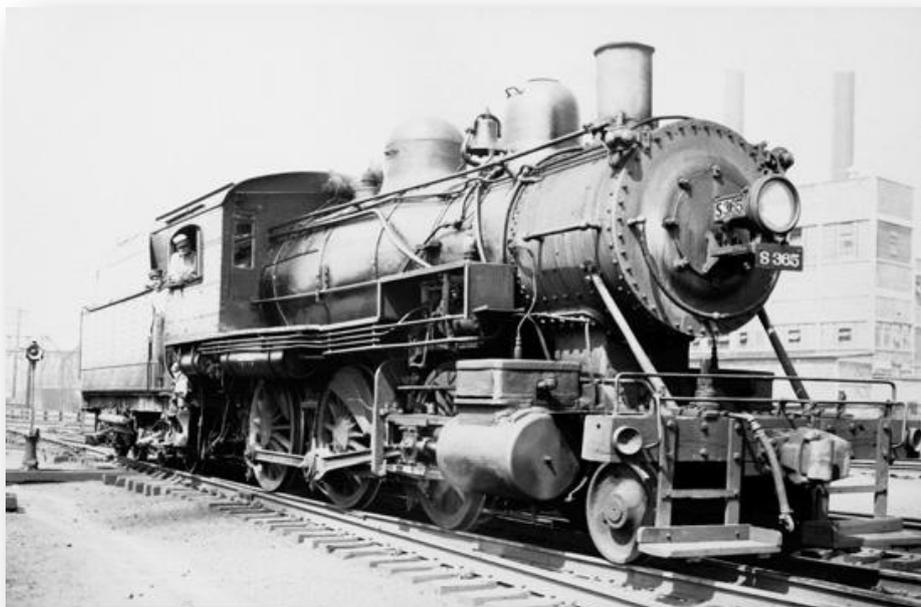


Fuente: Grupo Logístico Mexicano

¹⁶ Historia mundial del ferrocarril. Microsoft © Encarta © 2007. © 1993--2006 Microsoft

I.2. Historia y Evolución del Ferrocarril en México

Fotografía 11. Ferrocarriles en México



Fuente: www.industriaferroviariaonline.com/wpcontent/uploads/2010/11/Historia-del-ferrocarril-en-Mexico.jpg.

21

En México, el ferrocarril ha sido testigo del inicio de dos siglos y actor principal en la historia mexicana. El ritmo de la locomotora sobre los rieles es parte esencial en el desarrollo de pueblos y ciudades, así como en el crecimiento económico del país.

Como ya se ha mencionado El ferrocarril nació a principios del siglo XIX en Inglaterra y fue una de las más importantes caracterizaciones de la Revolución Industrial, así como el primer medio de transporte de carácter masivo. En la segunda mitad del mismo, el ferrocarril se consideró como símbolo del progreso por el tiempo de traslado de la mercancía y las materias primas comparándolo con los transportes jalados por animales.

La aparición del ferrocarril constituyó una revolución tecnológica, cuyo papel fue, en primer lugar fomentar la integración nacional, el desarrollo comercial interno y facilitar la aparición de materias primas; en segundo lugar propició el movimiento de personas, cosa que nunca se había provocado antes.

El 22 de agosto de 1837 por decreto se le otorga a Francisco de Arrillaga el privilegio exclusivo de establecer un camino de hierro desde Veracruz hasta la capital, con un ramal a Puebla.¹⁷

La primera línea férrea fue la ya antes mencionada de la ciudad de México a Veracruz, esta fué inaugurada por el presidente Sebastián Lerdo de Tejada, en el año de 1873, con una longitud de 679.8 km.

Durante el periodo de Porfirio Díaz se expande muy ampliamente la construcción ferroviaria por medio de concesiones a los estados destacan:

- Celaya-León
- Ometusco-Tulancingo
- Zacatecas-Guadalupe
- Alvarado- Veracruz
- Puebla- Izúcar de matamoros
- Mérida- Peto

22

En 1880 se otorgan tres importantes concesiones ferroviarias a inversionistas norteamericanos, con toda clase de facilidades para la construcción e importación de material y equipo rodante, que dieron origen al Ferrocarril Central, al Ferrocarril Nacional y al Ferrocarril Internacional. Al concluir el primer período de gobierno de Díaz, en 1880, la red de vías férreas de jurisdicción federal contaba con 1,073.5 km de vía.

Posteriormente, durante los cuatro años de gobierno de Manuel González se agregaron a la red 4,658 km. El Central concluyó su tramo hasta Nuevo Laredo en 1884 y el Nacional avanzó en sus tramos del norte al centro y viceversa. En ese año la red contaba con 5,731 km de vía.¹⁸

¹⁷ Historia del ferrocarril en México <http://www.stfrm.org.mx/>

¹⁸ <http://www.mexicodesconocido.com.mx/red-ferroviaria.html>

Los mismos 19 mil kilómetros de vías que se construyeron a principios del siglo XX durante la presidencia de Porfirio Díaz bastan y sobran para mover la mercancía que hoy demanda el mercado nacional e internacional, aunque muchas mejoras, libramientos y acortamientos mejorarían significativamente la eficiencia con que podría atenderse dicha demanda. En 1890 se construyen 9,544 km de vía; 13,615 km en 1900; y 19,280 km en 1910. Los principales ferrocarriles eran los siguientes: Ferrocarril Central, de capital norteamericano. Concesión otorgada a la compañía bostoniana Achison, Topeka, Santa Fe. Línea entre la Ciudad de México y Ciudad Juárez (Paso del Norte). Inaugurada en 1884 con un ramal al Pacífico por Guadalajara y otro al puerto de Tampico por San Luis Potosí. El primer ramal se inauguró en 1888 y el segundo en 1890. Ferrocarril de Sonora, de capital norteamericano. En funciones desde 1881, concesionado a la Achison, Topeka, Santa Fe. Línea de Hermosillo a Nogales, frontera con Arizona. Ferrocarril Nacional, de capital norteamericano, de la Ciudad de México a Nuevo Laredo. Inaugurada su línea troncal en 1888. Posteriormente con la compra del Ferrocarril Michoacano del Sur, se extendió hasta Apatzingán y por el norte se vinculó con Matamoros. Quedó concluido en su totalidad en 1898. Ferrocarril Internacional, de capital norteamericano. Línea de Piedras Negras a Durango, a donde llegó en 1892.¹⁹

Se tienen identificados algunos períodos característicos en la historia de los Ferrocarriles Mexicanos que a continuación se describen en mayor detalle:

➤ Formación y consolidación 1850-1908

Etapa caracterizada como un periodo consolidación de la red con la construcción de 20 mil kilómetros de vías por el régimen del porfiriato.

1850

El 16 de septiembre se inaugura un tramo de 13 kilómetros hasta El Molino. Esta es una fecha histórica por haber sido el primer convoy ferroviario que transitó en México, aunque el servicio al público se inició hasta el 22 de septiembre.

¹⁹ <http://www.mexicodesconocido.com.mx/red-ferroviaria.html>

1857

Se inaugura el tramo de Tlatelolco a la Villa de Guadalupe (Hoy, Villa Gustavo A. Madero), el 4 de julio. Esta es también una fecha importante en la historia de los ferrocarriles mexicanos, ya que fue el primer recorrido de un tren sobre rieles en la ciudad de México.

1873

Se inaugura la línea México-Veracruz, cuya longitud era de 424 kilómetros y, sin duda, una de las más importantes.

1880

Se da un avance significativo al crear una de las grandes líneas: México-Ciudad Juárez, una de las más largas del país (casi 2,000 kilómetros).

1884

Otro gran logro tuvo lugar aquel año, cuando fue posible viajar de México a Chicago. Este suceso abrió la puerta para posibilitar el comercio entre México y Estados Unidos.

- Destrucción, reconstrucción y expropiación 1910-1937, estalla la Revolución Mexicana peleada sobre rieles. Durante el gobierno de Francisco I. Madero la red aumenta 340 km. Para 1917 se habían agregado a la red de los Nacionales de México los tramos Tampico-El Higo (14.5 km), Cañitas-Durango (147 km), Saltillo al Oriente (17 km) y Acatlán a Juárez-Chavela (15 km).²⁰

Fue necesario reconstruir forzando a la expropiación de los FNM.

²⁰ <http://www.mexicodesconocido.com.mx/red-ferroviaria.html>

1934

El presidente Lázaro Cárdenas, convencido de la necesidad de mantener y extender la red ferroviaria, impulsó el Plan Sexenal.

Hoy las vías soportan carros con un peso de 130 toneladas incluyendo la mercancía

➤ Modernización, crecimiento y deterioro 1940-1980

Se inicia la construcción de varias vías férreas nuevas, la colocación del ferrocarril mexicano para tratar de quitar pendientes y curvas en la cumbres de Maltrata, se realiza la electrificación de la doble vía de México a Querétaro.

1946

Se puso en marcha el programa de rehabilitación en los Ferrocarriles Nacionales de México. Este programa fue conocido como Plan Alemán.

➤ Hacia la crisis 1980-1990

La demanda comienza a disminuir en el transporte ferroviario de carga por el incremento a las tarifas, por lo cual se ve el notable deterioro debido a la falta de mantenimiento y la baja productividad y por consecuencias un mal préstamo de servicio. La tecnología se empieza a ver obsoleta por lo cual se vuelven innecesarios varios servicios.

➤ Programa de Cambio Estructural 1991-1995

Se da el arrendamiento a particulares de los siguientes talleres:

Monterrey- Jalapa y Valle de México a la empresa GEC

Torreón y Chihuahua a GIMCO

San Luis potosí y Acámbaro a M K Gain

Se entregaron 1200 tanques propiedad de FNM a GATX

Se externaliza el trabajo de mantenimiento de vías a varias empresas privadas, se incrementan las tarifas, se cierran algunas rutas, entra en funcionamiento el sistema de control centralizado de tráfico (CTC) así como el control directo de tráfico.

1991

Se firmó el convenio de Concertación de Acciones para la modernización del sistema ferroviario mexicano. En dicho convenio, el gobierno y la iniciativa privada se unieron en el compromiso para hacer más eficiente el servicio.

1995

Aunque se hizo todo lo posible por modernizar el sistema ferroviario, lamentablemente no se pudo continuar con los proyectos planeados, así que se firmó un acuerdo de unidad para superar la emergencia económica en el que se establece la inminente necesidad de inversión privada para los ferrocarriles. Así, el 17 de enero se envía al Congreso de la Unión una iniciativa presidencial relativa a la reforma del artículo 28 Constitucional (el cual reservaba al Estado la operación de los ferrocarriles).

Nueve días más tarde, el Senado aprobó las reformas que permitieron posteriormente la participación de capitales privados en los sistemas ferroviarios. El día 13 de noviembre se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los lineamientos para la apertura de la inversión en el Sistema Ferroviario Mexicano, en donde se marcan los pasos a seguir para la desincorporación de la empresa FNM.

➤ Privatización 1995-2010

Con la entrada del nuevo presidente Ernesto Zedillo se da a conocer el programa de emergencias económicas en donde se destaca la mejora a los sistemas ferroviarios permitiendo así la inversión privada en ferrocarriles. El 28 de abril de 1995 se promulga la ley reglamentaria de servicio ferroviario en donde se dice que las vías va a permanecer bajo el dominio de la federación,

las concesiones va a ser mediante licitaciones no excediendo de 50 años al terminar regresaran a la nación, las empresas deben de ser por empresas morales mexicanas permitiendo la inversión extranjera, se establece la libre tarifa.

1998

El 19 de febrero, Ferrocarril Mexicano, formado por Grupo México y Union Pacific, inició la operación de las líneas Pacífico-Norte y Chihuahua-Pacífico luego de obtener la concesión en este sistema de transporte por parte del Gobierno Federal.

2008

Se inauguró la primera línea del Ferrocarril Suburbano del Valle de México.

2010

Se cumplen 160 años de historia del ferrocarril en México.

No existe el servicio de pasajeros, salvo un ferrocarril turístico y un suburbano.²¹

²¹ Delgado, Gloria M. El mundo moderno y contemporáneo, 1999. Vol. 1.

II. Características

II.1 Infraestructura

La infraestructura ferroviaria incluye todas las instalaciones y edificaciones necesarias para el funcionamiento del ferrocarril: estaciones, vías, puentes y túneles, sistema de señales y comunicaciones, infraestructura de bloqueo de trenes y guiado, agujas, etc.

México como ya mencionamos se ha modificado a través de los tiempos y como vemos también estos cambios fueron afectando a nuestros ferrocarriles. En los últimos 54 años se han construido alrededor de 350 kilómetros de vías férreas sin embargo aun nos hacen falta más.

Los ferrocarriles son la vía determinada para deslizarse por medio de un riel por una tracción mecánica.

En la actualidad podemos clasificar a los ferrocarriles así como se clasifican las carreteras y estas son:

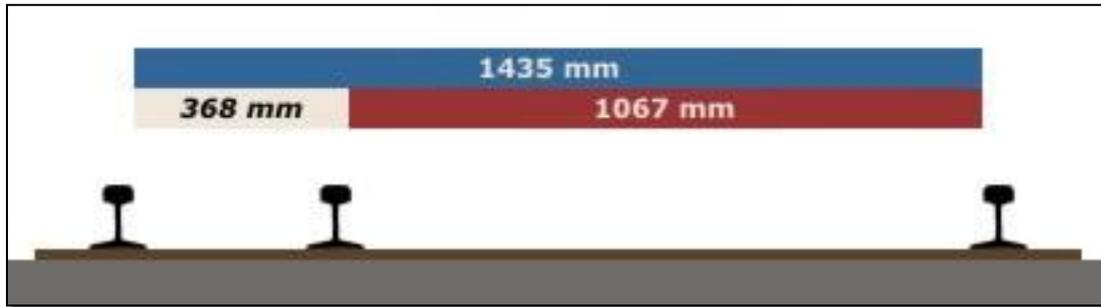
Líneas principales o secundarias: siendo estas las líneas troncales y las líneas secundarias las que completan las redes formadas por las anteriores teniendo así una línea completa férrea.

Líneas de vía angosta y vía ancha: estas corresponden al aspecto geométrico hecho por la construcción.

Líneas de vía angosta: El ferrocarril de vía estrecha, ferrocarril de vía angosta o ferrocarril de trocha angosta es un tipo de transporte ferroviario cuyo ancho de vía o trocha es inferior al considerado "normal" del transporte ferroviario. Este ancho "normal", que depende de las características de cada país, es el utilizado en la red

principal de ferrocarriles, siendo el de vía estrecha el que se utiliza para líneas de carácter secundario.²²

Figura 4. Vía Angosta



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Ferrocarril_de_v%C3%ADa_estrecha

Líneas de vía ancha: Este ancho se considera "normal", y depende de las características de cada país, es el utilizado en la red principal de ferrocarriles, para México, Japón, EE. UU y otros países las medidas utilizadas son a las que se refiere la figura 4.²³

Trocha o escantillón: La separación entre los rieles paralelos que forman la vía. Se mide entre las caras internas de la cabeza de los rieles, algunos milímetros por debajo de la superficie de rodamiento.²⁴

Líneas de tránsito general, líneas sub-urbanas y urbanas: está clasificada por el servicio que realiza cada uno como son las de tránsito general corresponden al servicio nacional o internacional de larga distancia. Otras son las ligas que se tienen con la población con las zonas. También se tienen las que prestan servicios dentro de la población como los tranvías o subterráneos.

Líneas de servicio particular. estas son de carácter totalmente privado ya que corresponden por ejemplo a las líneas mineras.

²² Whitehouse, Patrick and Snell, John B. (1984). Narrow Gauge Railways of the British Isles.

²³ Whitehouse, Patrick and Snell, John B. (1984). Narrow Gauge Railways of the British Isles.

²⁴ Whitehouse, Patrick and Snell, John B. (1984). Narrow Gauge Railways of the British Isles

Construcción de la vía

La vía de un ferrocarril se compone de dos partes principales: las terracerías y la superestructura.

Terracerías: Conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de subrasante, y a la superestructura.

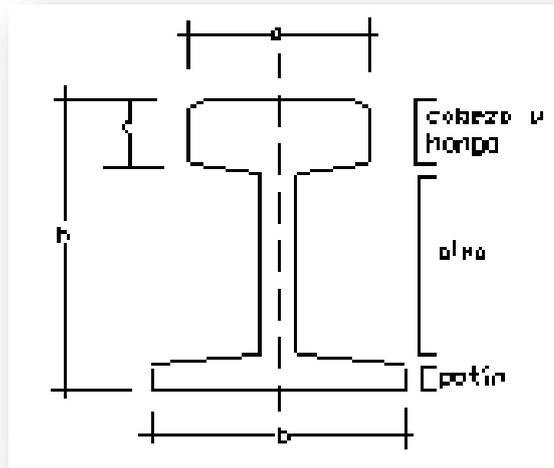
Superestructura: Es la parte que va arriba de la terracería y la forman dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que descansan sobre un lecho de material pétreo (balasto), y se agregan los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos.

Fotografía 12. Vías de Ferrosur Veracruz 2011



Fuente: Propia, visita de campo (octubre 2011)

El riel esta designado por el número de libras de peso por cada yarda de longitud o calibre. Algunos ejemplos de calibres comerciales, son los de 100,112, 115 lb/yd. Está formado por tres partes que son: la cabeza u hongo del riel, el alma y el patín.

Figura 5. Riel

Fuente: <http://www.slideshare.net/kininin/vias-de-tren>

El alma de los rieles es la parte que ha sido diseñada con el fin de absorber los efectos de corte como también los efectos flectores que se producen por la acción de cargas transversales. El patín debe darle al riel su resistencia máxima y una superficie contra las fuerzas transversales que provocan su volteo.

Los rieles son normalmente laminados de 12 m (39 pies aproximadamente) de longitud. Los rieles se fijan a los durmientes por medio de clavos que se ponen contrapeados para que no se fracture el durmiente.

La rotura de los rieles se produce por causa de los pequeños desperfectos que se detectan al terminar los carriles detectados por una corriente eléctrica determinado por un campo magnético que se mueve a lo largo del riel.

Se necesitan diversos aditamentos adicionales para fijación de rieles a los durmientes así como para nuestros cambios de vía.

Fijaciones: Pueden ser con clavo para vía, nuevo de 15.88x152.4 mm (5/8"x6") con tirafondo, fijación Pandrol o cualquiera otra fijación que esté aprobada por A.R.E.M.A.

Planchuelas: Pueden ser nuevas o de segunda, en buen estado, de cordón y del mismo diseño y sección del riel utilizado con un mínimo de 4 barrenos. Para unir rieles de diferente calibre invariablemente se usarán planchuelas de compromiso prefabricadas.

Placas de Asiento: Pueden ser nuevas o de segunda, en buen estado, de acero, deben ser del mismo calibre o sección del riel utilizado.

Anclas: Pueden ser nuevas o de segunda y su colocación será en el patín del riel y apoyadas en las caras laterales del durmiente, para evitar el corrimiento longitudinal del riel, solo se usarán en durmientes de madera y el patrón de anclaje será cuando menos del 30%, además, se colocarán obligatoriamente cuando la vía que conecta con la vía principal, tenga una pendiente descendente hacia ésta, la longitud mínima de anclaje debe ser de un tercio de esta vía.

Pernos Rieleros: Los rieles y las eclisas van unidos mediante pernos rieleros, hay de diferentes tipos, algunos son:

Tirafondo Rielero: El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea. Este debe ir recubierto con aceite.



Clavo Rielero Ferrocarriles: El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea. Este debe ir recubierto con aceite.



Clavo Rielero Tipo Americano: El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea. Este debe ir recubierto con aceite.



Perno Rielero Cuello Ovalado: El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea. Este debe ir recubierto con aceite.



Tuercas Bulldog: El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea. Este debe ir recubierto con aceite. Una de las características de estas tuercas es que se ensamblan con torque predeterminado impidiendo que se suelte del perno por las vibraciones.



Perno KZ: El cual se usa para la fijación de los rieles y otros elementos de la vía férrea. Este debe ir recubierto con aceite.



Vástago de Anclaje: El cual se usa de anclaje de fijación del riel.



Se le llama balasto al material escogido como piedra triturada, grava, escoria, cenizas, etc. Que se coloca sobre las terracerías compactadas para dar apoyo y estabilidad a los durmientes. Este material mantiene de alguna manera alineada y nivelada la vía y a los durmientes teniendo un buen soporte para evitar empujes y la presión que los trenes que pasan por ellas ejercen. El material requerido es la piedra triturada. La piedra caliza, el granito y la lava volcánica son las variedades más empleadas. En general se especifica para su uso como balasto de ¾" a 2". Conforme pasa todo el equipo rodante se conoce que se va desgastando pero esto es insignificante por qué no produce ningún daño a la vía o los trenes a quienes puede causar molestias es lo que proviene dentro de ellos ya que esto causa pequeños levantamientos de polvo.²⁵

²⁵ Fuente: <http://www.slideshare.net/kininin/vias-de-tren>

Se llaman durmientes o traviesas a las piezas que se colocan de manera perpendicular a los rieles sobre el balasto.

La mayor parte de los durmientes que se emplean en los ferrocarriles son de madera pero también existen los durmientes de concreto, metal, concreto con piezas de metal o de madera insertadas; siendo algunos de ellos deseables y económicos cuando se trata de servicios especiales.

En México, las dimensiones reglamentarias de los durmientes son:

Figura 6. Dimensiones reglamentarias del Durmiente

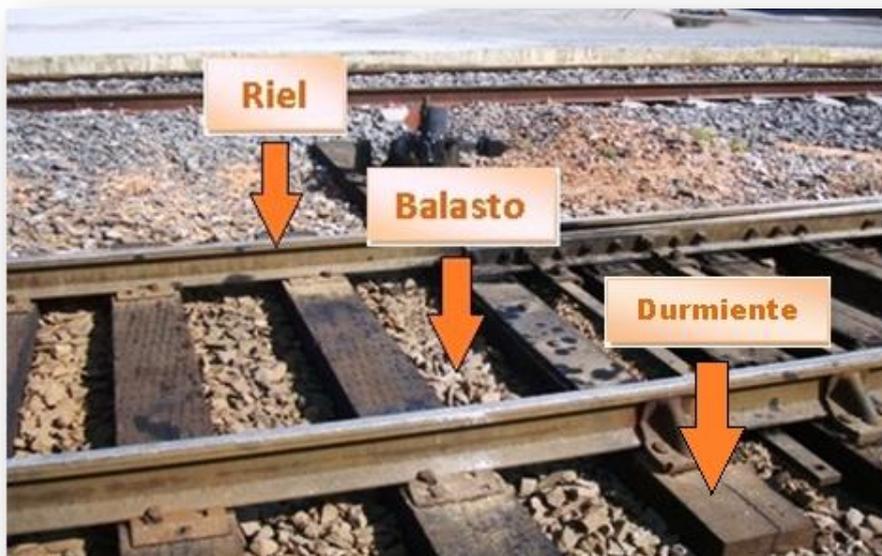


Fuente:

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGTFM/Marco_Legal/RegConserv_Vias_EstrucFerMex.pdf

La distribución de los durmientes depende del tipo de carros que van a transitar por la vía pero es normal que se ocupe el espaciamiento mínimo de 25cm entre durmientes. También se le coloca una placa al durmiente ya que este ayuda al desgaste y los empujes producidos por el tránsito de los carros.

Fotografía 13. Ferrosur Veracruz



Fuente: Propia, visita de campo (octubre 2011)

Placas para Durmientes

Una placa de asiento bien diseñada y bien colocada en el durmiente evitará el desgaste debido a la acción del riel. Las placas de diseño moderno se hacen de espesores comprendidos entre un mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de $\frac{5}{16}$ ", de acuerdo con el peso del riel y el volumen de tránsito a soportar. La anchura promedio es de 7.5" y la longitud de 10 a 14".

Las placas para durmientes pueden dividirse en dos tipos:

- a) Placas que se sujetan rígidamente a los durmientes.
- b) Placas que quedan sueltas sobre los durmientes.

Generalmente se emplean dos métodos para sujetar las placas a los durmientes. El primer método emplea clavos completamente independientes del riel. El segundo, usa clavos que sujetan la placa, pero el gancho de su cabeza queda librando el patín del riel en $\frac{1}{16}$ ". Las placas pueden ser con 4, 6 u 8 agujeros. Estos pueden ser cuadrados o circulares.

Se conoce como desviación de una vía para unir dos líneas para que nuestro tren pase de una vía a otra esta se produce a través de una curva.

Fotografía 14. Cambio de vía de tren de ferrosur



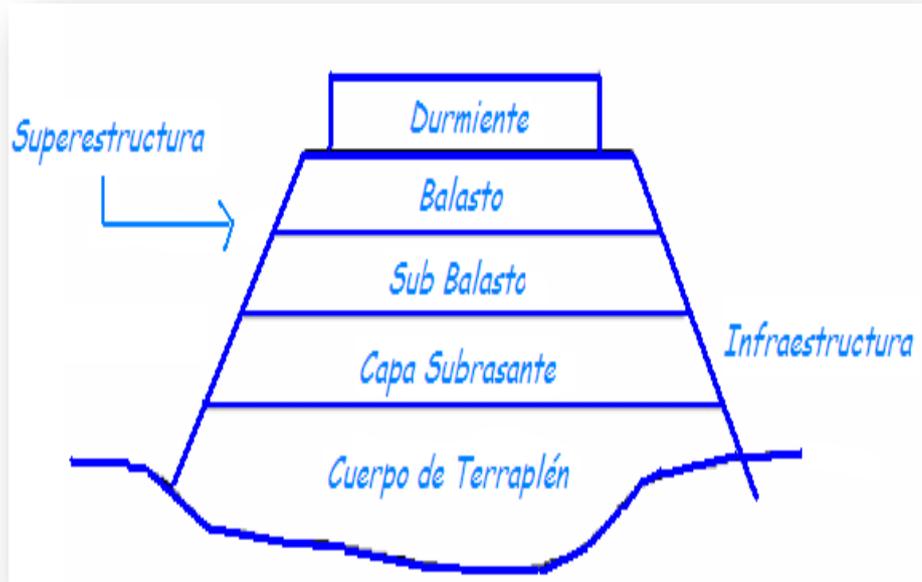
Fuente: Propia, visita de campo (octubre 2011)

La construcción de una vía no solo lleva lo anterior ya mencionado sino también; la planta del Ferrocarril emplea líneas rectas, curvas circulares simples, compuestas y espirales, en tanto que el perfil del eje de la vía, está constituido por varias líneas rectas (con diversas pendientes), unidas por curvas parabólicas.

En México los ferrocarriles de clase (A) se pueden operar como mínimo a 100 kph (pasajeros) y 75 kph (carga) en terrenos planos y de suave lomerío, admitiendo velocidades mínimas de 70 y 50 kph, respectivamente en las montañas.

La Subestructura y la Superestructura se identifican como se señala a continuación:

Figura 7. Diagrama de Infraestructura y superestructura



Fuente: Propia

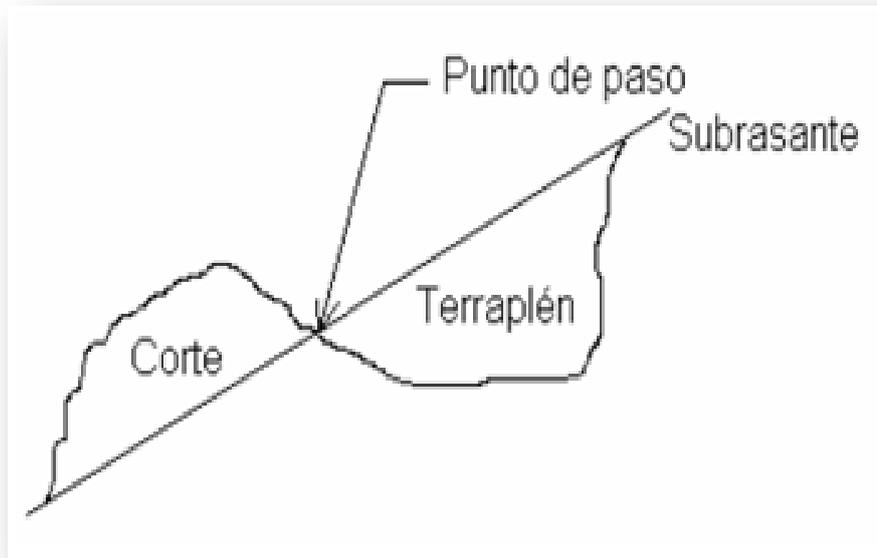
La subestructura comprende lo que es necesario construir a partir del terreno natural para soportar las instalaciones ferroviarias, está formada por terracerías, drenajes, túneles, cuerpo terraplén, capa subrasante y sub- balasto.

Para la terracería en la vía requieren apoyarse en estructuras de tierra por lo que se constituyen de las terracerías, teniendo dos casos

- 1) **Corte:** Cuando la subrasante queda abajo del terreno.
- 2) **Terraplenes:** Cuando la subrasante queda arriba del terreno.

Subrasante: línea que limita las terracerías tanto de los cortes como en los terraplenes, existiendo un corte y un terraplén, además de un punto de paso.

Figura 8. Corte y terraplén en terracerías



Fuente: Propia

Los componentes de una vía férrea son:

1) Estructuras de asiento

- i) Corte
- ii) Trinchera
- iii) Media ladera
- iv) Terraplén

2) Obras

- i) Puentes
- ii) Túneles
- iii) Viaductos
- iv) Pontones
- v) Muros
- vi) Drenaje

La inclinación de los taludes de los cortes varían según la naturaleza de los terrenos, en la roca puede ser de 1:4 ó 1:5, para los terraplenes se adopta la inclinación 3:2.

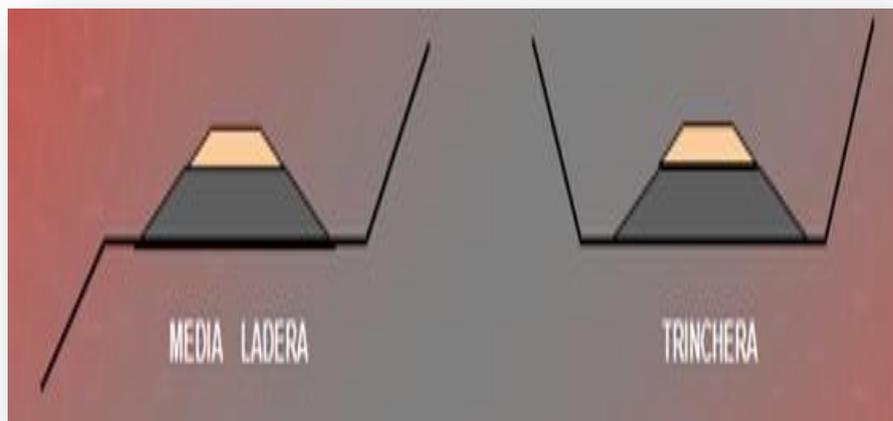
El drenaje elimina el agua corriente que pudiera dañar la estabilidad de la vía, facilitándose la salida por medio de un buen balasto y drenes laterales.

Los túneles son excavaciones con o sin soporte que se construyen bajo la superficie del terreno. El ancho y la sección dependen del tránsito, no debiendo ser menor de 4.87 m de plantilla por 6.7 m de altura.

El sub-balasto está constituido con materiales procedentes de suelos, depósitos naturales o rocas alteradas, generalmente sin ningún tratamiento previo a su utilización.

El corte es una explanación que se realiza cortando terreno natural con grandes pendientes. Pueden ser en trincheras o media ladera.

Figura 9. Media Ladera y trinchera



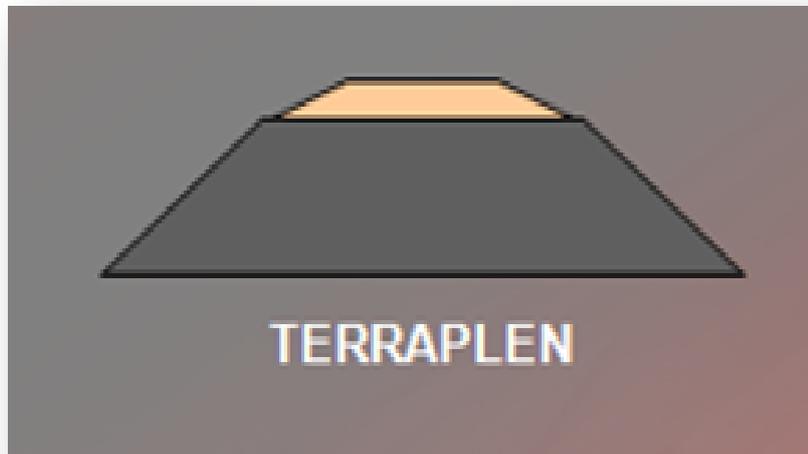
Fuente: http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.5._estabilizaci%C3%B3n_de_taludes_tcm7-213274.pdf

Media ladera: Se dice cuando en el corte queda de un lado del mismo, un talud y del otro una depresión.

Trinchera: Es un corte en el que la explanación queda entre dos taludes originado por el movimiento de tierras.

Para el terraplén se realiza construyendo una plataforma de determinada altura mediante el relleno y la compactación de capas sucesivas hasta llegar al nivel de la cota predefinida en el proyecto.

Figura 10. Terraplén



Fuente: http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.5._estabilizaci%C3%B3n_de_taludes_tcm7-213274.pdf

40

Los puentes son estructuras que permiten el paso sobre grandes cauces de agua (ríos, lagos, entre otros) o barrancas y/o depresiones del terreno.

Los viaductos son estructuras que pueden ser de concreto o metálicos en su plataforma, que permiten el paso en desnivel (elevación) a través de otras vías, pasos de agua y terreno natural.

Los pontones constituyen una forma de drenar transversalmente a la vía medianos cauces de agua (drenajes naturales de cerros, riachuelos eventuales y otros), en su mayoría son de concreto.

Los muros pueden ser de contención o portantes, su principio es el mismo salvo que en los portantes se diseñan para soportar cargas verticales adicionales. Pueden ser

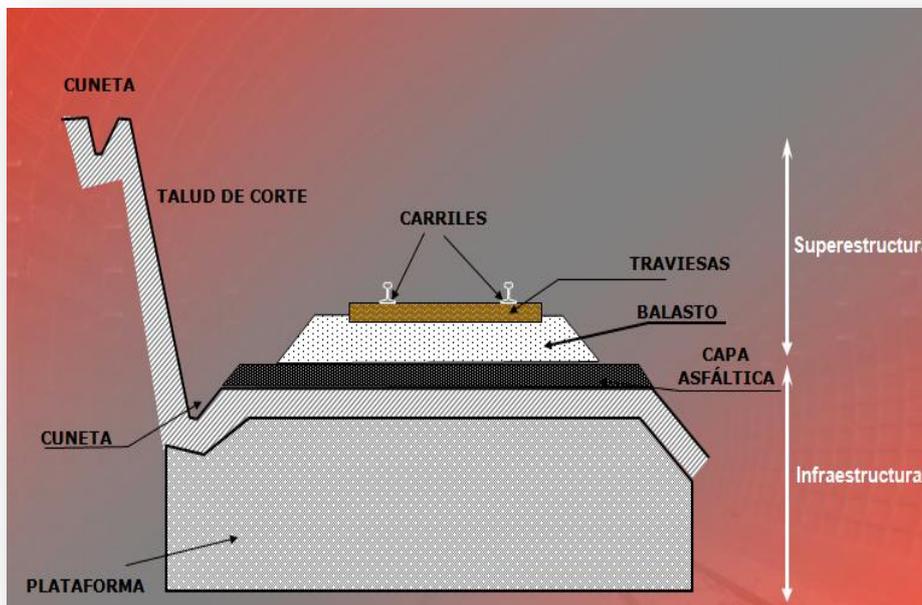
de tierra (presas), de piedra (gaviones, piedra bruta) o de concreto, ya sea armado o proyectado.

En los drenajes hay longitudinales, transversales y varios, como su nombre lo indica su función es drenar las aguas provenientes tanto de corrientes fijas como de lluvia.

Entre los que se pueden mencionar están los longitudinales como las cunetas de concreto, los brocales, los canales trapezoidales y canales de diferente sección, los transversales como las alcantarillas, sumideros, cajones de paso y otros. En México la denominación más común que reciben los drenajes es alcantarilla.

Entre los llamados varios están todos los drenajes adyacentes al tramo como obras de concreto para canalización de quebradas, canales rectangulares y de forma variada, torrenteras entre otros.

Figura 11. Superestructura y Subestructura



Fuente: http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.5._estabilizaci%C3%B3n_de_taludes_tcm7-213274.pdf

Para poder maniobrar correctamente así como poder realizar diferentes mantenimientos carga y descarga se necesita contar con estaciones y patios correspondientes para los trenes correspondientes a las necesidades de cada estación así como dependientes del tipo de carga que se maneja en cada uno de los

carros, también dependientes del tráfico que se tiene en cada una de ellas, teniendo en cuenta que pueda o no incrementar el tráfico.

En las estaciones de carga, los patios tienen diseño especial para cada necesidad específica. Muelles para mercancías en general, de contenedores, de granos agrícolas, mineral, automóviles, carbón, petróleo etc., demandan que el proyectista deba considerar el volumen de tráfico y su crecimiento, además de conocer las especificaciones del equipo e instalaciones, (grúas, tolvas, silos, etc.) y con esos datos formular un anteproyecto que debe compararse con otros para seleccionar el que produzca la mayor eficiencia, es decir, operación, mantenimiento, depreciación y producción a costo total mínimo.

Las estaciones y terminales comprenden las áreas del ferrocarril donde cada uno de los servicios públicos de carga y pasajeros según su función.

Para las estaciones de carga ó mercancías la función de está es el manejo y distribución a sus diferentes destinos, ciudades vecinas, industrias, o transbordo de carros a otro medio de transporte.

Los principales componentes de las terminales de carga son:

- Patios o parques de recepción
- Expedición y estacionamiento de material
- Ordenación
- Formación
- Descomposición de trenes

Estas están formadas por las instalaciones de la vía, comunicaciones, señalización. El patio es el conjunto de vías que sirven para el almacenamiento y reparación de los carros.

Las terminales de carga pueden ser de trenes directos que tienen origen, destino así como sus horarios fijos. De detalle para servicio de correos y equipaje sin propietarios e intermodal, para el transporte de contenedores o vagones especiales.

Las estaciones de tráfico mixto

En ocasiones las terminales de viajeros y mercancías no están separadas claramente la una de la otra. Ambas terminales están compuestas de los departamentos que se detallan en los tipos de estaciones.

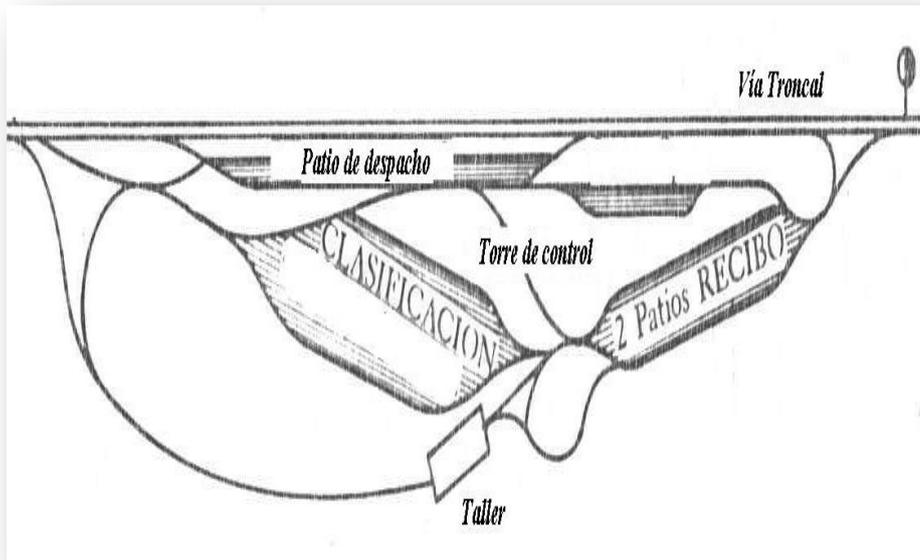
En estaciones que prestan servicios de pasajeros y carga, por lo que debe emplearse túnel para peatones y amplio andén intermedio entre dos vías, exclusivas para pasajeros, para atender trenes en dos direcciones simultáneamente y para el manejo adecuado de la carga que será seleccionada para la descarga o trasbordo a otro medio de transporte.

En cualquier caso para las estaciones mixtas o de carga, el diseño de los patios para las horas pico del año de proyección, se concretara la eficiencia de la terminal. En los patios de maniobras, se revisan, aprovisionan y reparan carros y locomotoras; se forman nuevos trenes y se cambian sus tripulaciones. Se debe buscar el tamaño adecuado para los patios pensando a futuro.

Una estación consta de patio de recibo; otro de clasificación; de reclasificación y de salida o despacho, además de vías para la circulación directa, talleres, servicios y desde luego Torre de Control de la Clasificación.

Cada patio se define por la clasificación y donde se precisa conocer los tipos de retardadores, el número de los sapos, el viento dominante local, clase, peso y modelo de carros, etc.

Figura 12. Distribución de los patios en una estación de carga



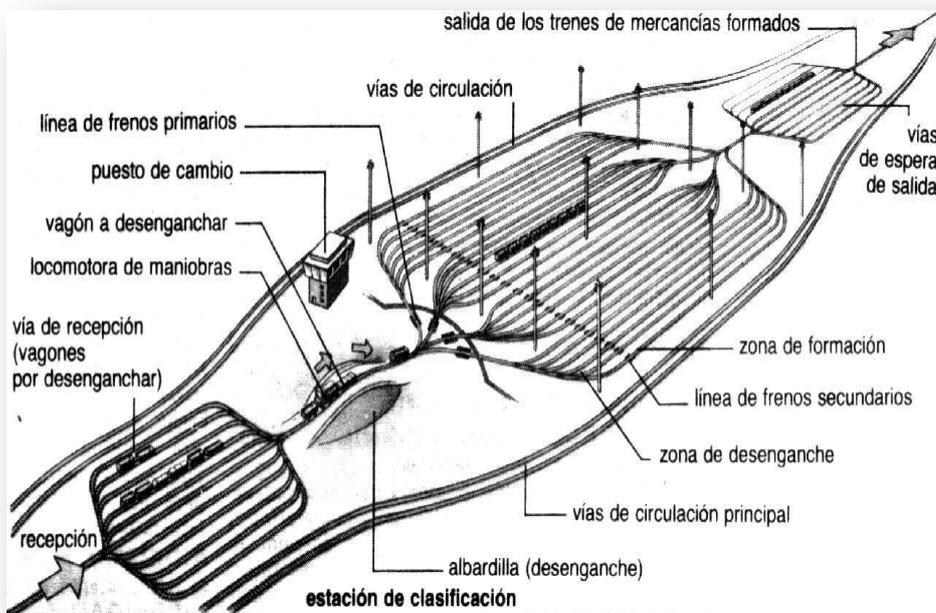
Fuente: Ferrocarriles Autor Francisco M. Togno

Los patios planos, localizados en empalmes de 2 o más líneas y cuando el tráfico es reducido, utiliza una o dos máquinas de patio para clasificar los carros de los trenes que se reciben y formar los nuevos trenes según su destino. Existen estaciones con patios a nivel, los cuales preferentemente deben recibir con descenso de -0.2 %, dejando a nivel, el centro de patio y proyectando una suave subida de +0.2 % a la salida

Los garroteros operan manualmente los numerosos cambios de vías y donde la operación se realiza bajo órdenes verbales del Jefe de Patio obteniéndose apenas regulares resultados económicos que llegan a alcanzar un valor crítico. Este es el principal motivo por el cual se construye un patio de joroba o de clasificación por gravedad, sin embargo resultan costosos y se justifican de acuerdo al volumen. En el caso de México solo existe uno en todo el país y se ubica en la Terminal del Valle de México.

Las características principales se pueden observar en la siguiente figura.

Figura 13. Características principales del patio de Joroba



Fuente: Ferrocarriles Autor Francisco M. Tognó

Para el proyecto del conjunto, se toma como unidad, al carro cargado, o vacío y se calculan los Volúmenes diarios, separadamente para los carros entrantes de los salientes.

La vida útil del tamaño inicial de la Terminal depende del límite del número de carros que sea posible manejar diariamente durante las horas y días de mayor Tráfico.

El tiempo de permanencia de un carro, está estrictamente medido. Esto permite correlacionar diversos proyectos o ampliar el patio existente.

Cuando se tiene poco flujo se tiene una acumulación de carros por lo cual se tiene que ver la capacidad del patio así como el número de carros por lo cual se tiene que ver y calcular los tiempos y la capacidad necesaria de cada patio con la siguiente ecuación.

$$C = \frac{N \cdot F_a \cdot T}{24}$$

C = Capacidad necesaria para el estacionamiento del patio

N = Número de carros/ día

Fa = Factor de agrupamiento (dato promedio aprox. 1.5)

T = Tiempo promedio de permanencia por cada carro lo cual se calcula proyectando detalladamente las maniobras por ejecutar en esa área.

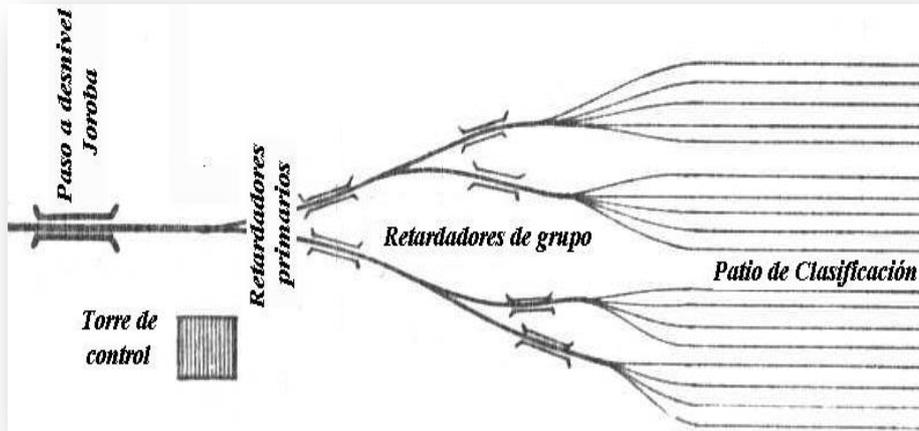
46

Los patios de gravedad, son aquellos que mantienen una pendiente en el transcurso de su longitud.

En el perfil de los patios de gravedad los carros son empujados de la vía de recibo hasta la cima o joroba, donde deben pasar entre 3 y 4 [Km/h], iniciando un descenso mediante gravedad por la máxima pendiente del perfil. De la vía simple de recibo, a unos 1000 m de la cima, se instala el centro de un retardador del patio denominado joroba, cuya misión consiste en recibir carros de peso variable, frenarlos y dejarlos salir a la máxima velocidad de 10 [Km/h].²⁶

²⁶ Francisco M. Togno

Figura 14. Patio de gravedad de una estación



Fuente: Ferrocarriles Autor Francisco M. Togno

II.2 Material rodante

El material rodante está constituido por todos los equipos que circulan a lo largo de las vías férreas. Este material rodante se divide en dos grupos: El material de tracción, que son las locomotoras y el material o equipos de arrastre, que son todos los que la locomotora arrastra o empuja acoplados a ella, sobre las líneas.

Al conjunto de equipos rodantes unidos entre sí que son arrastrados o empujados por la locomotora, o están en la vía en espera de serlo, se le denomina formación. Al conjunto de la locomotora con la formación lo llamamos tren. Los trenes atendiendo al tipo de servicio que prestan se les denomina: de carga, de pasajeros, tren de trabajo, de obras o mixtos.

Tipos de Carros que se utilizan en el transporte de carga

Caja de trailer: Las cajas de tráiler pueden ser movidas por ferrocarril en carros plataforma, reduciendo el costo transporte en distancias largas. Las dimensiones más comunes de las cajas se ven en la tabla 1.

48

Fotografía 15. Caja de Trailer



Fuente: Cajas Ramírez, www.gir.com.mx

Tabla 1. Capacidad de carga y dimensiones de las cajas de tráiler

Tipo de tráiler	capacidad de carga (kg)	dimensiones externas			dimensiones internas		
		largo (m)	ancho (m)	altura (m)	largo (m)	ancho (m)	altura (m)
Trailer 53'	22, 000	16,1	3,10	4,1	16,0	2,99	3,35
Trailer 48'	22, 000	14,6	3,10	4,1	13,6	2,99	3,35
Trailer 45'	22, 000	13,7	3,10	4,1	13,6	2,99	3,26

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Carros Multinivel: Los carros multinivel automotrices son carros especiales, completamente cerrados, que se utilizan para transportar automóviles nuevos, garantizando su integridad.

Fotografía 16. Carro Trinivel



Fuente: Ferromex

Tabla 2. Capacidad de carga, dimensiones y volumen del carro multinivel

Tipo de carro multinivel	Capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
		largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
Binivel	34,036	27,0	2,7	4,3	334,19
Trinivel	31,033	13,7	3,10	4,1	357,0

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Carro Tanque: Los carros tanque se utilizan para el transporte de productos líquidos o gaseosos. Estos cuentan con tapas de cierre hermético para evitar posibles contaminaciones o derrame de producto y son capaces de transportar hasta 100,000 litros de producto. Los carro tanque más comunes tienen las dimensiones que aparecen en la tabla 3.

Fotografía 17. Carro tanque 43'



Fuente: Ferromex

Tabla 3. Capacidad de carga y dimensiones del carro tanque

Tipo de carro tanque	capacidad de carga (L)	Dimensiones		
		largo (m)	ancho (m)	altura (m)
carro tanque	90, 719	15,32	3,3	4,3
carro tanque 43'	66, 525	13,7	-	4,1

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Chasis: El chasis es una plataforma con llantas que sirve para el transporte de contenedores por vía terrestre o marítima. El chasis es comúnmente usado para trasladar contenedores desde el tren hasta la puerta del cliente o viceversa.

Fotografía 18. Chasis

Fuente: <http://es.dreamstime.com/free-photos>

Contenedor: El contenedor es una de las piezas fundamentales en el transporte intermodal dado a su fácil traspaso del ferrocarril a otros medios de transporte como el barco o el camión. El contenedor posee una estructura de lados rectangulares de dimensiones estandarizadas, que protege la mercancía de la intemperie y reduce los costos de maniobra al evitar transbordos de mercancía. El transporte de contenedores atiende principalmente al servicio marítimo y cada vez más el terrestre, debido a su fácil manejo en los procesos de importación y exportación y a la rapidez y eficiencia en su operación de carga y descarga. Los contenedores son empleados para transportar cargas unitarias, ensacadas, empaquetadas o paletizadas.

Fotografía 19. Contenedor 53'



Fuente: Ferromex

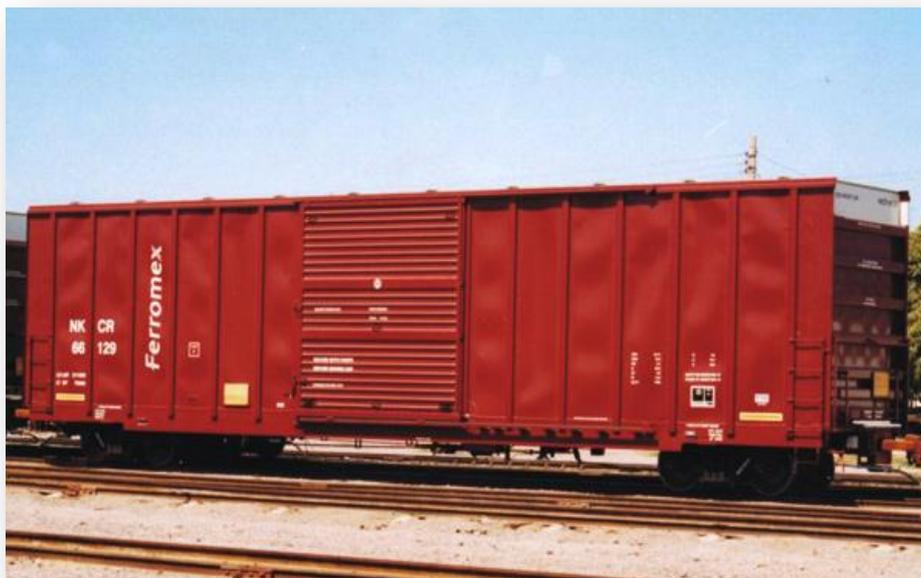
Tabla 4. Capacidad de carga y dimensiones del contenedor

Tipo de contenedor	capacidad de carga (kg)	Dimensiones externas			Dimensiones internas		
		largo (m)	ancho (m)	altura (m)	largo (m)	ancho (m)	altura (m)
Drycarga 20'	22, 000	6,0	2,5	2,6	5,9	2,3	2,4
Drycarga 40' estandar	22, 000	12,2	2,5	2,6	12,0	2,3	2,4
Drycarga 45'	22, 000	13,7	2,4	2,9	13,6	2,3	2,6
Drycarga 48'	22, 000	14,6	2,6	2,9	14,5	2,5	2,7
Drycarga 53'	22, 000	16,2	2,6	2,9	15,9	2,5	2,7

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Furgones: Los furgones se emplean para transportar productos que necesitan protección contra la intemperie. Para cuidar la integridad de carga frágil algunos furgones cuentan con sistemas de amortiguadores y otros con mamparas de fierro que fijan la carga, evitando movimientos bruscos. Algunos furgones cuentan con un sistema de control de clima que permite mantener el interior del carro a una temperatura estable, en caso de que sus productos así lo requieran. Las puertas de los furgones pueden ser angostas o anchas según las necesidades específicas de carga.

Fotografía 20. Furgón 60'



Fuente: Ferromex

Tabla 5. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes de los furgones

capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
	largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
60, 056	18,5	2,8	3,9	201,6
70, 987	15,4	2,9	3,2	142,9

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Furgón Automotriz: Este furgón se utiliza para transportar autopartes. Este es de grandes dimensiones y está completamente cerrado, protegiendo a las autopartes contra la intemperie.

Tabla 6. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes; furgón automotriz

capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
	largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
94, 100	18,2	2,8	3,9	212,3

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Góndola: Las góndolas abiertas son carros descubiertos que transportan todo tipo de material que no requiere protección de la intemperie. Estos carros son útiles para cargar y descargar fácilmente materiales con el uso de grúa de volteo de carros o magneto.

Fotografía 19. Góndola



Fuente: Ferromex

Tabla 7. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes de la Góndola

capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
	largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
100, 000	16,1	2,9	1,7	78,78
88, 700	15,7	2,8	1,5	70,00

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Góndolas cubiertas: Las góndolas cubiertas tienen las características de las góndolas abiertas, con la diferencia de que las primeras están cubiertas por una tapa superior para proteger el producto contra la intemperie. Las dimensiones más comunes se presentan en la tabla 8.

Fotografía 21. Góndola cubierta



Fuente: Ferromex

Tabla 8. Capacidad de carga, dimensiones y volúmenes de la Góndola cubierta

capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
	largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
93, 000	12,0	2,8	1,2	42,0

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Iso - tanque: El iso-tanque es un envase anclado a las esquinas de un armazón de lados rectangulares, utilizado para transportar líquidos y gases. Dicho armazón permite asegurar los envases a la superficie de cualquier medio de transporte. Algunos iso-tanques cuentan con envases a presión que permiten manejar sistemas de transferencia de calor. Éstos son ideales para transportar productos que requieran una temperatura determinada.

Fotografía 22. Iso Tank Wagon



Fuente: Wikimedia. Autor: Antti Leppänen

Tabla 9. Capacidad de carga y dimensiones del Iso tanque

Tipo de Iso-Tank	capacidad de carga (L)	Dimensiones externas		
		largo (m)	ancho (m)	altura (m)
51 Iso-tank wagon	21, 000	6,0	2,4	2,6
IM 101 Iso-tank wagon	21, 000	6,0	2,4	2,6
IM 102 Iso-tank wagon	21, 000	6,0	2,4	2,6

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Plataformas: Las plataformas de carga general permiten cargar o descargar producto con gran facilidad y se utilizan para transportar carga pesada de grandes dimensiones que no requiera protección contra la intemperie. Estas plataformas disponen de piso deprimido o pozo longitudinal de alta capacidad, y poseen aditamentos que permiten asegurar la carga con cadenas, flejes o postes.

Fotografía 23. Plataforma de carga



Fuente: <http://www.ua.all.biz/es/g553625/>

Tabla 10. Capacidad de carga y dimensiones de las plataformas

capacidad de carga (kg)	Dimensiones		
	largo (m)	ancho (m)	altura interior(m)
69, 000	26,8	2,8	1,1
72, 000	17,9	2,8	1,1

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Plataformas intermodales: Las plataformas intermodales son vehículos que sirven para transportar contenedores por ferrocarril. Comúnmente las plataformas son trasladadas articuladamente, es decir, varias plataformas se unen formando una sola unidad de arrastre. La configuración articulada ayuda a disminuir los movimientos bruscos y transportar la carga de forma segura. Existen plataformas de doble estiba para transportar contenedores en dos niveles, y de estiba sencilla para transportar trailers o contenedores en un nivel.

Fotografía 24. Plataforma Intermodal Maxi Stack III (doble estiba)



Fuente: Ferromex

Tabla 11. Capacidad de carga y dimensiones de la plataforma Intermodal Maxi

capacidad de carga (kg)	Dimensiones	
	longitud por unidad (m)	altura sin contenedores(m)
266,107	1,49	1,45

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Plataforma de estiba sencilla: Las plataformas de estiba sencilla son carros de ferrocarril que transportan contenedores. Estas plataformas son utilizadas en tramos de vía que no tienen la capacidad para transportar contenedores de mayor capacidad, por la distancia que existe entre el riel y la altura máxima de los túneles.

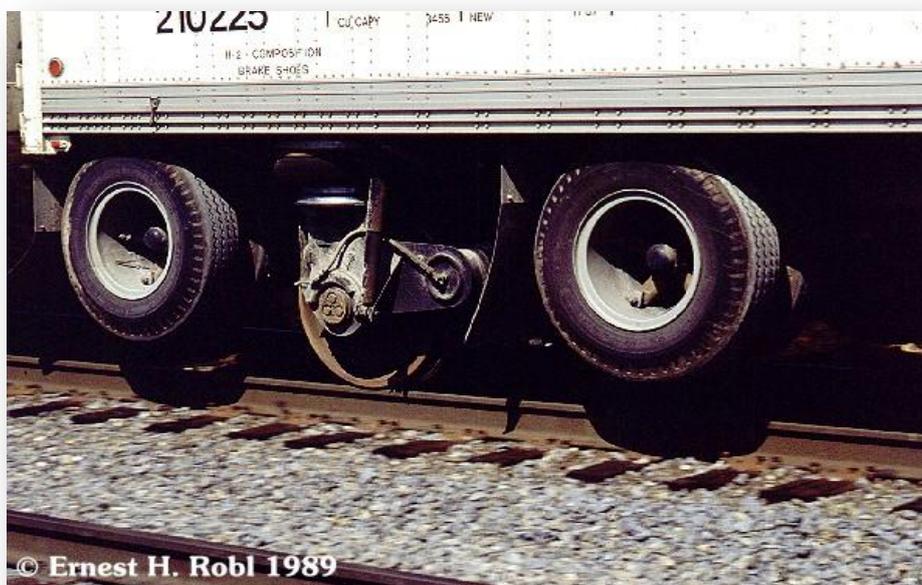
Plataforma de doble estiba: Las plataformas doble estiba tienen piso deprimido que permiten transportar contenedores de doble nivel. Regularmente estas plataformas vienen articuladas de dos hasta cinco plataformas en un carro.

Plataforma para transportar trailers: Estas plataformas cuentan con una quinta rueda que permite transportar piezas de mayor dimensión como tráilers. Las

plataformas para tráilers están articuladas de tal manera que cada una puede transportar hasta cinco contenedores.

Road-Railer: El Road-Railer es un sistema que permite adaptar ruedas de ferrocarril a una caja de trailer de 53 pies para ser transportado por ferrocarril. Este sistema facilita el traspaso de la caja de ferrocarril a camión o viceversa, ya que no requiere de plataformas o grúas para carga o descargar. El Road Railer también cuenta con un mecanismo de aire a presión en las ruedas que sirve como amortiguador para proteger la carga durante su recorrido.

Fotografía 25. Roadrailer



60

Fuente: <http://www.robl.w1.com/RoadRailer/I-890490.htm>

Tabla 12. Capacidad de carga y dimensiones del Road Railer

Tipo de carro	capacidad de carga (kg)	dimensiones externas			dimensiones internas		
		largo (m)	ancho (m)	altura (m)	largo (m)	ancho (m)	altura (m)
Road Railer	27, 000	16,5	4,11	3,11	15,99	3,079	2,79

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Tolva Abierta: Las tolvas abiertas son utilizadas en el transporte de materiales resistentes al medio ambiente. Sus compuertas en la parte inferior son idóneas para descargar el producto en fosas.

Fotografía 26. Tolva abierta



Fuente: Ferromex

Tabla 13. Capacidad de carga, dimensiones y volumen de la tolva abierta

capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
	largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
93, 000	14,7	3,3	3,8	97,0

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Tolva cerrada: Las tolvas graneleras brindan a los productos agroindustriales protección contra la intemperie. Estas cuentan con escotillas en el techo y compuertas en el piso para facilitar la carga y descarga de productos a granel. TFM cuenta con una flota de tolvas graneleras, disponible en cualquier punto de nuestro sistema de vías, para tráficos de importación, exportación o servicio doméstico.

Fotografía 27. Tolva cerrada



Fuente: Ferromex

Tabla 14. Capacidad de carga, dimensiones y volumen de la tolva cerrada

capacidad de carga (kg)	Dimensiones			Volumen (m ³)
	largo (m)	ancho (m)	altura (m)	
92, 000	18,0	3,30	4,5	134,4
91, 600	15,7	3,30	4,5	125,3

Fuente: Propia elaborada con datos obtenidos de Ferromex

Fuerza Motriz

Una vez que aparecen las compañías privadas, principalmente Traspotación Ferroviaria Mexicana (TFM), Ferrocarril Mexicano (Ferromex) y Ferrocarril del Sureste (Ferro-sur), se inicia un proceso de “modernización” de la fuerza motriz, que era necesario e ineludible. Por vez primera en muchos años, México se encuentra a la par que Estados Unidos y Canadá por lo que se refiere a la adquisición de fuerza motriz más grande y potente. TFM adquiere un lote de 50 locomotoras AC4400 de General Electric. Estas locomotoras son capaces de desarrollar 4400 caballos de fuerza, propulsadas por un motor diésel FDL-16, y motores de tracción de corriente alterna y trucks “radiales” o “auto direccionales” (autosteering trucks).

Las locomotoras venían equipadas con motores de tracción de corriente alterna y trucks auto direccionales. En los Estados Unidos y Canadá, se tienen dos opciones, las locomotoras pueden estar equipadas como las mexicanas o ser del mismo caballaje pero con motores de tracción de corriente directa y trucks "rígidos". ¿Por qué? Porque en los Estados Unidos como Canadá, se cuentan con topografías muy planas o "llanas" donde los trenes no encuentran problemas de desplazarse a velocidades muy bajas ni hacerle frente a curvaturas muy cerradas. Los motores de tracción de corriente alterna en las locomotoras, les permite desarrollar velocidades mucho menores, en virtud de que la corriente eléctrica que entra a los rotores de dichos motores, es a través de "inducción", o sea, no existe contacto físico entre el rotor y el estator de los motores eléctricos de tracción. En cambio, los motores eléctricos de corriente directa, por fuerza deben ser "alimentados" a través de "cepillos" o "carbones" en contacto directo con los "conmutadores" de sus rotores. Ello provoca que la velocidad mínima sea mayor que los motores de corriente alterna y en caso de reducir a tal grado la velocidad, por la sobrecarga de corriente y la cantidad de la misma, puede quemar el motor de tracción, algo no imposible pero muy poco probable en un motor de tracción de corriente alterna.

Solo por dar un ejemplo, en algunas locomotoras diésel-eléctricas con motores de corriente directa como las SD40-2, la velocidad mínima no puede ser menor de 14 kilómetros por hora, si se opera la locomotora por un período de tiempo prolongado a menos de esa velocidad alimentando dicho motor con mucha corriente pues se trata de una pendiente o el arranque de un tren, pueden quemarse los motores de tracción. En cambio, con motores de tracción de corriente alterna, la velocidad continuada puede ser hasta de 4 kilómetros por hora en forma prolongada, ya sea en una pendiente o en el arranque de un tren, sin quemarlos.

Ahora, los trucks "auto direccionales" son en México, imprescindibles. La curvatura de las vías mexicanas es tan cambiante, que habría lugares en que locomotoras de tres ejes por truck simplemente no podrían entrar y o bien, se descarrilarían o "abrirían" la vía, causando un descarrilamiento.

Finalmente y esto es lo más importante, en México, se ve en la necesidad de comprar locomotoras de altos caballajes, con motores de tracción de corriente alterna y trucks auto direccionales.²⁷

En la actualidad se cuentan con dos tipos principales de locomotoras: diésel y eléctricas aunque en México se utilizan locomotoras diésel.

Locomotoras diésel

Las locomotoras diésel son aquellas que utilizan como fuente de energía la producida por un motor de combustión interna de ciclo diésel, estos motores pueden ser de dos o cuatro tiempos, siendo muy utilizados los de dos tiempos. La transmisión de la potencia se realiza con transmisión mecánica convencional en pequeñas locomotoras de maniobra, dresinas, ferrobuses, automotores y máquinas auxiliares. En locomotoras de mayor potencia, la transmisión mecánica no es adecuada y se sustituye por la transmisión hidráulica o eléctrica.

Existen locomotoras diésel arrastrando trenes de viajeros capaces de superar los 250 km/h. Una locomotora diésel clásica se considera el medio de tracción para ferrocarriles más indicado cuando las condiciones son adversas: temperaturas bajo cero, fuertes pendientes y trenes de gran tonelaje.

Una locomotora diésel-eléctrica es un tipo de locomotora que tiene en su interior un motor de combustión interna (que puede usar diésel, tanto fósil como biodiésel) acoplado a un generador trifásico que suministra la corriente eléctrica a los motores de tracción y a los ventiladores de los motores de tracción. No hay conexión mecánica entre el motor principal y los motores de tracción. Este tipo de sistema se denomina híbrido serie.

El uso extendido de las locomotoras de diésel fue en FFCC de Norteamérica y en general donde no se electrifican las vías férreas.²⁸

²⁷ Mirada Ferroviaria núm. 2. Boletín documental, 3ra época. El Futuro de la fuerza motriz en los ferrocarriles Mexicanos. Ricardo F. Hernández Lecanda.

²⁸ Modern Steam Locomotive Developments. (En inglés) - Consultado enero 2013

Ventajas

- Mayor flexibilidad de uso
- Se tiene una gran mayoría de locomotoras diesel-eléctricas
- Su mantenimiento es bajo.
- Largos tramos entre mantenimientos mayores



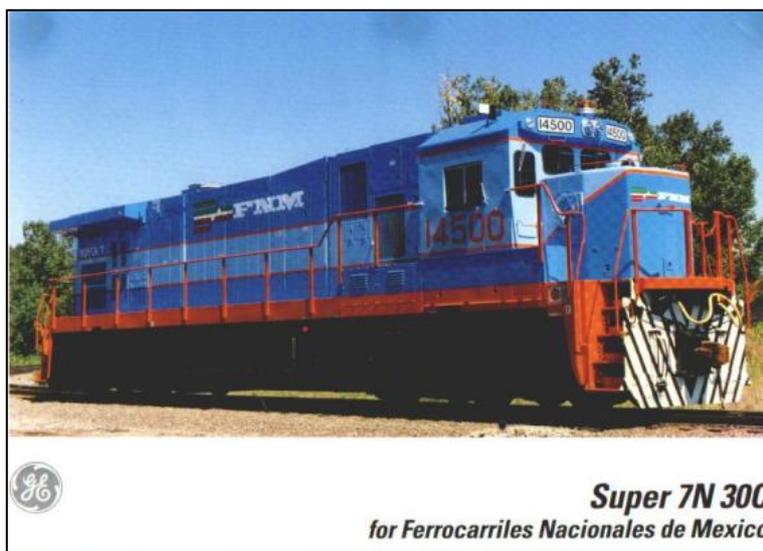
Modelos de Locomotoras Diésel comunes en México

Fotografía 28. EMD-SD40-2 3,000 Hp's



**Ferrocarriles Nacionales de México contaba con más de 100 locomotoras de este tipo*

Fotografía 29. GE-C30-7 "Super 7". 3,000 Hp's



**Ferrocarriles Nacionales de México contaba con más de 300 locomotoras de este tipo*

Fotografía 30. EMD-GP38-2. 2,000 Hp's



**Ferrocarriles Nacionales de México contaba con 124 locomotoras de este tipo*

**Fotografía 31. GE AC4400CW. 4,400 Hp's
Marcaron la modernización de la FM en México**

67



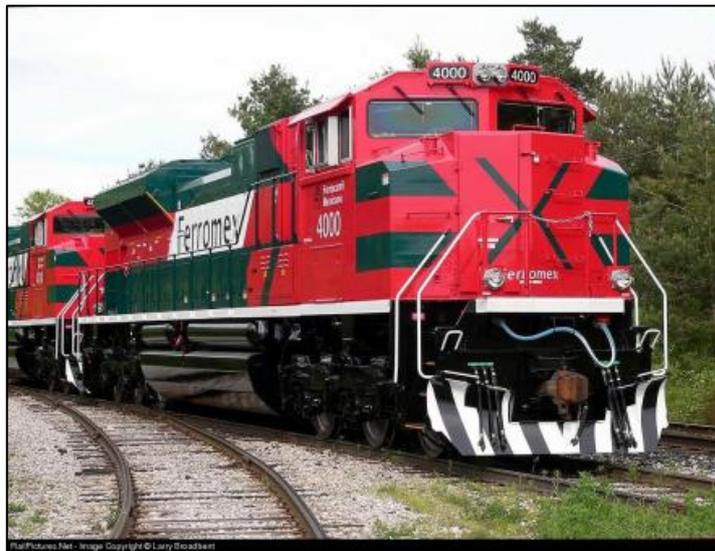
**Ferromex cuenta con 75 locomotoras de este tipo al igual que KCSM*

Fotografía 32. GE ES44AC. 4,400 Hp's



**Ferromex cuenta con 100 locomotoras de este tipo y 84 de KCSM*

Fotografía 33. EMD SD70ACe, SD70MAC. 4,300 Hp's



**Ferromex cuenta con 97 locomotoras de este tipo y 75 de KCSM²⁹*

²⁹ Presentación pptx de la clase de ferrocarriles del Ing. Alejandro Álvarez Reyes Retana, semestre 2013-1

Fotografía 34. Locomotora diésel 8578



Fuente: Ferronales

Fotografía 35. Locomotora diésel 8716



Fuente: Ferronales

Locomotoras eléctricas

Una locomotora eléctrica es una locomotora alimentada por una fuente externa de energía eléctrica. La fuente externa puede ser catenaria, tercer riel, o por medio de un dispositivo de almacenamiento a bordo, como baterías, baterías inerciales o pilas de combustible.

Locomotoras impulsadas por motores eléctricos con motores primarios a bordo de combustible líquido, como los motores diésel o turbinas de gas, son clasificadas como locomotoras Diésel-Eléctricas o locomotoras turbina de gas-eléctricas, debido a que la combinación de motor/generador sólo sirve como un sistema de transmisión de energía. Una ventaja de la electrificación es la ausencia de polución por parte de la locomotora en sí misma.³⁰

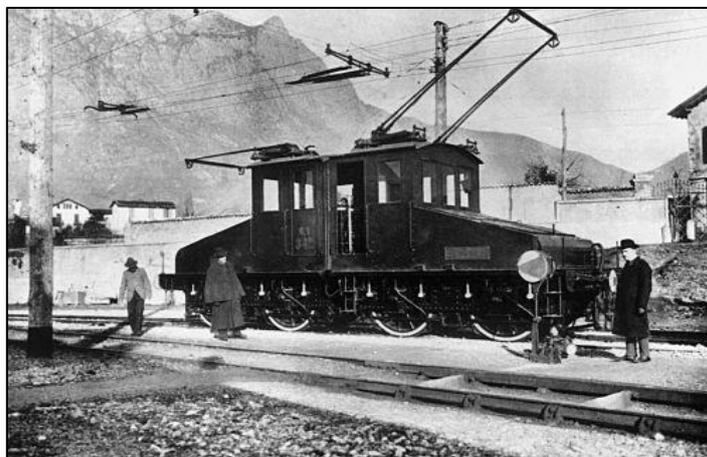
El uso más extendido de las locomotoras eléctricas es en Europa.

Ventajas

- Mejores prestaciones
- Menores costos de mantenimiento
- Menor costo de energía eléctrica para las locomotoras
- Son más ligeras

Desventajas

- Son altas y su sistema es complejo
- Interacción con pantógrafo
- En general no funcionan bien para doble estiba de contenedores



³⁰ Gordon, William (1910). «The Underground Electric». Our Home Railways. 2. p. 156

Locomotoras Eléctricas en México

Fotografía 36. General Electric E60C-2 (único modelo). 6,000 HP´s



**La orden original fue de 39 EA001 EA0039 todas con doble cabina y doble pantógrafo, 11 almacenadas, 28 entraron en operación de las cuales 6 fueron accidentadas, de las 22 restantes fueron vendidas a FFCC privados en EUA*

II.3 Operación

Para tener una buena operación del ferrocarril se requiere que todos los elementos: vías, estructura, fuerza motriz, maquinaria y transportes funcionen adecuadamente para tener una buena distribución, y mantenimiento de cada uno de ellos. Utilizando como fuerza motriz maquinas accionadas por:

- Energía eléctrica
- Vapor
- Carbón
- Leña
- Electroimanes

En la operación dinámica la máquina de patio, se concreta a extraer del patio de recibo carros y subirlos hasta la cima de la joroba, donde los impulsará hacia las vías de clasificación con velocidad teoría óptima de 10 [km/h], cifra que se considera como la carga de velocidad inicial del patio.

Desde la torre de control se observa, el paso de los carros y se les conduce hasta la vía de su destino clasificado, accionando las agujas de los cambios automáticamente, mediante control eléctrico a distancia. Al igual que la aplicación del freno hasta controlar la velocidad deseada por observaciones a ojo o mediante computadoras electrónicas quienes inclusive pueden aplicar por sí mismas el frenado requerido para llegar a formar cada carro.

En los patios de gravedad los carros rápidos golpean y se dañan pero logran formarse y no reducen el rendimiento del patio. Esto da origen al empleo de unas maquinillas mecánicas llamadas mulas, que se accionan mediante cables y poleas, pudiendo pasar bajo los carros y remolcar a los lentos mediante rodillos que se aplican al eje de los carros.

Los carros diferentes, precisan distinto frenado para igual recorrido por una rampa y al soltarlos por la joroba, unos quedarán separados por su corto recorrido, en tanto que otros, chocan con los que le preceden. Este problema se reduce en magnitud, usando garroteros de patios, y recurriendo a locomotoras para consolidar al tren recién clasificado y previamente se necesita la habilidad del operador de los retardadores para reconocer las velocidades iniciales y definir si cada carro, es o no, un buen corredor.

Los talleres de locomotoras en patios terminales constan de taller para motores Diésel y casa de máquinas para reparaciones en general, además del cobertizo para aprovisionamiento. Precisa calcular el número de máquinas por tren promedio y previamente se define el porcentaje de reparaciones mayores: mensual, trimestral y semestral, que deben atenderse en cada terminal; en tanto que las reparaciones de viaje debe considerarse en su totalidad.

Las plataformas elevadas en las áreas entre - vías de mantenimiento adyacentes como también a los lados exteriores de estas vías son convenientes en un taller de mantenimiento de locomotoras. La plataforma se deberá construir de material incombustible, generalmente constituido de columnas y vigas de acero o de concreto reforzado.

También para una buena operación de trenes y vías se necesitan talleres como:

✓ *Taller eléctrico.*

Se emplean para la reparación y el desmantelamiento del equipo eléctrico, así como para el mantenimiento de las instalaciones de fuerza, luz, calefacción y ventilación, protección contra incendio y equipo de grúa y gatos de maniobra.

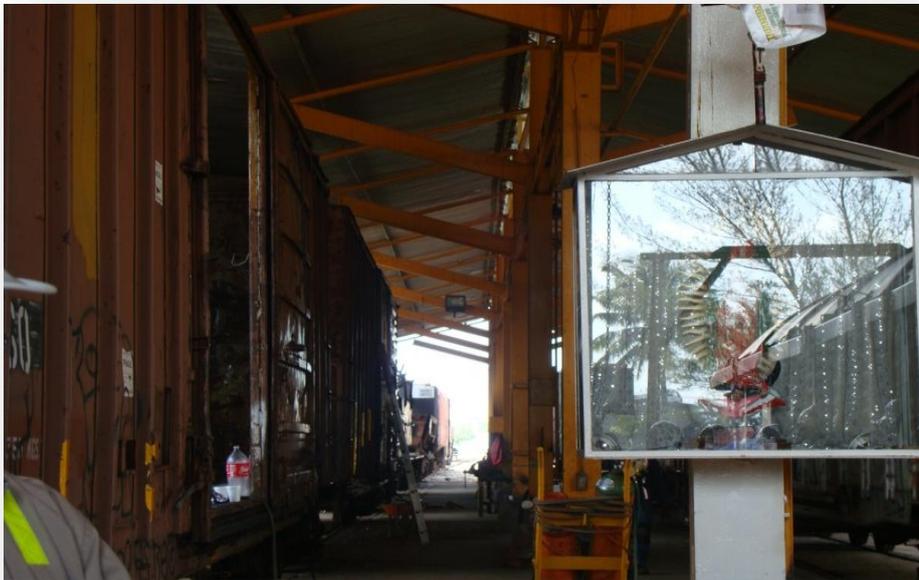
✓ *Talleres de desmantelado de motores.*

Este taller se emplea principalmente para desmantelar y armar motores, cuyas operaciones se efectúan más satisfactoriamente en un área separada del taller principal y provisto de una grúa viajera.

✓ *Taller de reacondicionamiento de partes pequeñas.*

Se debe prever un espacio para el reacondicionamiento de partes pequeñas, de tamaño adecuado.

Fotografía 37. Vías de Ferrosur Veracruz 2011



Fuente: Propia, visita de campo (octubre 2011)

III. Aspectos generales del Ferrocarril (Operación)



Central Ferrovalle que conecta la aduana de Pataco

75

III.1 Importancia del Ferrocarril como medio de transporte de carga

El ferrocarril como medio de transporte de carga es de gran importancia ya que esto permite que la situación del país no solo satisfaga las necesidades como lo son alimentos, vestimenta, sino también tiene un provecho económico permite crecer día a día al país. Entre 1997 y 1999, se llevó a cabo la privatización de Ferrocarriles Nacionales de México, FNM. De aquí, surgieron seis ferrocarriles de carga: dos grandes, uno mediano, dos pequeños y una terminal en el Valle de México. El Gobierno obtuvo por la privatización alrededor de 2 mil 500 millones de dólares, y los ganadores, actuales concesionarios, se obligaron a invertir en las concesiones otros 2 mil millones de dólares en un plazo de 10 años.

De los seis concesionarios, TFM se convirtió en Kansas City Southern de México, al comprar a los accionistas minoritarios las acciones de los socios mayoritarios mexicanos. Ferromex y Ferrosur, ambas inversiones en su mayoría de mexicanos,

manifestaron su decisión de fusionarse, fusión que se encontraba en litigio en los tribunales. Uno de los ferrocarriles pequeños, el Chiapas-Mayab (100% propiedad de extranjeros), que operaba unas líneas en la península de Yucatán y de Chiapas, enfrentó problemas de diversa índole, por lo que decidió retirarse de México. La operación de estas líneas la lleva ahora en forma temporal una empresa del estado llamada Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec.

Se ha contribuido a ofrecer servicios más seguros, modernos y eficientes en beneficio de los usuarios. Por medio del programa sectorial de comunicaciones y transportes 2007-2012 se requiere consolidar los avances y atender de manera inmediata aquellos temas que muestran rezagos como es la construcción de nueva infraestructura ferroviaria, así como la modernización y actualización de la normatividad ferroviaria.

Actualmente México únicamente es propietario de la infraestructura ferroviaria ya que tiene concesionada la prestación de servicios. El mercado que se maneja es el siguiente:

Mercado natural del ferrocarril

- Materias primas industriales y agrícolas
- Productos minerales e inorgánicos
- Insumos y productos para la construcción
- Químicos y combustibles

Productos más comercializados vía ferrocarril

- Productos forestales: madera de pulpa
- Productos agrícolas: maíz, trigo y frijol
- Productos minerales: mineral de fierro y carbón mineral
- Petróleo y sus derivados: aceite y gasolina
- Productos inorgánicos: piedra caliza, arena y grava
- Productos industriales: contenedores, cemento, vehículos automotores armados, láminas, planchas de fierro y acero

La comercialización en este servicio se da de acuerdo a una clasificación física de mercancías ya que se busca el contenedor que mejor se adapte a las necesidades propias del mismo.

- Tipo de presentación
 - o Grandes líquidos
 - o Grandes sólidos
 - o Grandes dimensiones
 - o Carga general

- Por su naturaleza
 - o Alimenticios
 - o Minerales
 - o Químicos

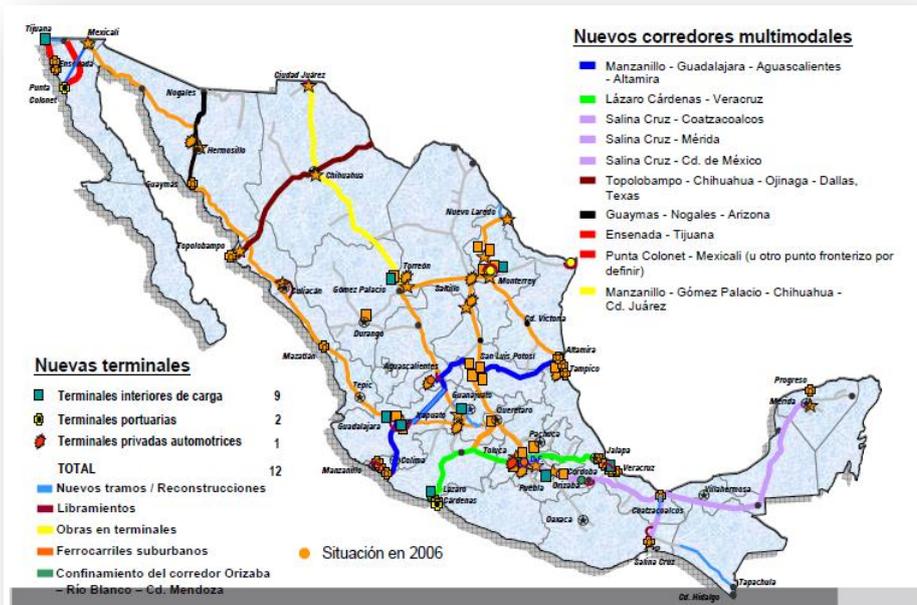
Equipos o piezas pesadas

Los trenes de carga son muy eficientes, con la economía de escala y de alta eficiencia energética. Sin embargo, su uso puede ser reducido por la falta de flexibilidad, si hay necesidad de transbordo en ambos extremos del viaje debido a la falta de pistas a los puntos de recogida y entrega. Muchas veces las autoridades de fomentar la utilización del transporte ferroviario de carga debido a su perfil medioambiental.³¹

Los contenedores pueden ser transbordados a otros medios, como barcos y camiones, con grúas. Las vías de ferrocarril están establecidas en tierras de propiedad o alquilados por la empresa ferroviaria. Debido a la conveniencia de mantener los grados modestos, a menudo los carriles se establecerán en las rutas indirectas o montañosas en terreno montañoso. La longitud de la ruta y su grado, se puede reducir mediante el uso de la alternancia estacas, puentes y túneles, todo lo cual puede aumentar considerablemente los gastos de capital necesarios para

³¹ El mundo moderno y contemporáneo Gloria M. Delgado

desarrollar un derecho de vía, reduciendo significativamente los costos de operación y permitiendo mayores velocidades en las curvas de radio largo



Infraestructura 2012 PNI

Dentro de la gran importancia que tiene el ferrocarril es importante mencionar que se transportan grandes volúmenes de carga y pesos elevados, se utiliza en trayectos muy largos, más de 500 km, permite al empresario comenzar el envío en una dirección y cambiarla si se requiere siempre y cuando el nuevo destino pretenda que la máquina siga adelante y no retroceda, menor índice de accidentes y pérdida de mercancías, resulta más accesible por el volumen de carga que puede desplazar, tiene mayor eficacia energética y menor precio por unidad de transporte y es mucho menor la emisión de contaminantes atmosféricos y acústicos, por lo cual la hace muy eficiente.

Aunque tiene sus desventajas como el tiempo, ya que su velocidad es constante pero no es muy veloz y llega hasta donde se tienen vías pero a partir de ahí se puede transportar por carretera o barco.

Anteriormente Ferrocarriles Nacionales de México, en poder del gobierno, tomaba hasta dos semanas para recorrer la ruta que va desde la Ciudad de México hasta

Laredo, Texas. Hoy, KCSM toma tres días para trasladarse entre ambas ciudades. En el caso de esta empresa, la reducción en tiempos de tránsito es posible con una inversión de 72 mil dólares anuales por kilómetro, que incluye la construcción de laderos a un costado de las vías, para que trenes en direcciones opuestas utilicen el mismo carril uno después del otro.³²



La terminal intermodal, en la frontera del DF y el Estado de México, tiene capacidad para 390 mil contenedores; una ampliación permitirá aumentarla a 500 mil.

79

III.2 Sistema actual (estadísticas, cifras)

Los ferrocarriles, en su conjunto, han aumentado su volumen de carga transportada de 37.6 miles de millones de toneladas/kilómetro a 77.2 miles de millones de ton/km, es decir, más que duplicado en 12 años a un ritmo superior al de la actividad económica. Se toma como base el año de 1995 por ser este el último de operación normal de FNM. Esto ha sido posible porque la penetración en el mercado de transportación terrestre pasó de 18.7% en 1995 a 26.5% en 2007.

Adicionalmente, cabe mencionar que las tarifas que los ferrocarriles cobran por la carga hasta 2006, se redujeron sensiblemente y sólo a partir de entonces aumentaron ligeramente a raíz del fuerte movimiento en el diesel, sin embargo y a pesar de esto, durante 2007 los precios fueron aún menores que en 1995.

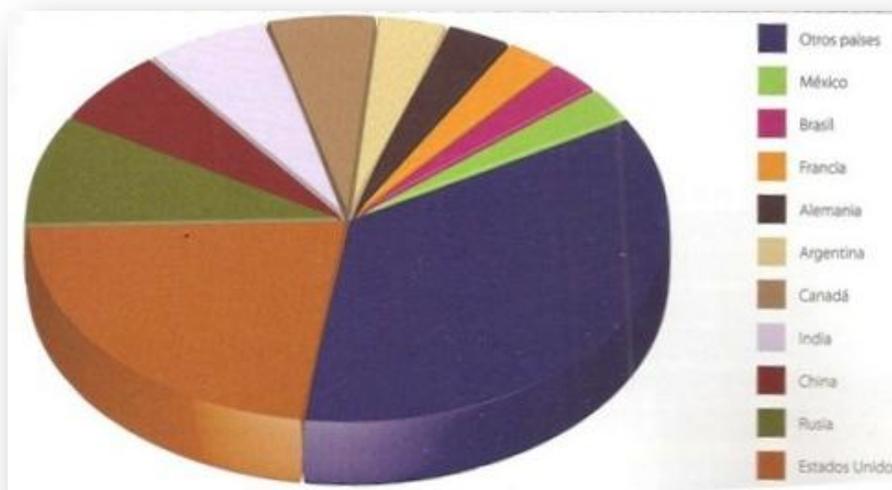
³² <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/ProgramaNacional/pni.pdf>

En general, el desempeño ha sido satisfactorio, aunque los ferrocarriles mexicanos aún mantienen índices de desempeño menores que los que se tienen en EUA. Esto en gran parte se debe a que las distancias recorridas en México son mucho menores a una tercera parte.³³

Existen además siete cruces fronterizos ferroviarios entre México y Estados Unidos por donde se transporta 15% de la mercancía que intercambian los dos países.

Por medio de las estadísticas nos damos cuenta que la unión internacional de ferrocarriles (UIC), nuestro país se encuentra en el décimo lugar por medio de la importancia a su red férrea.

Figura 15. Longitud de vías férreas en el mundo, 2006 (un millón de kilómetros)



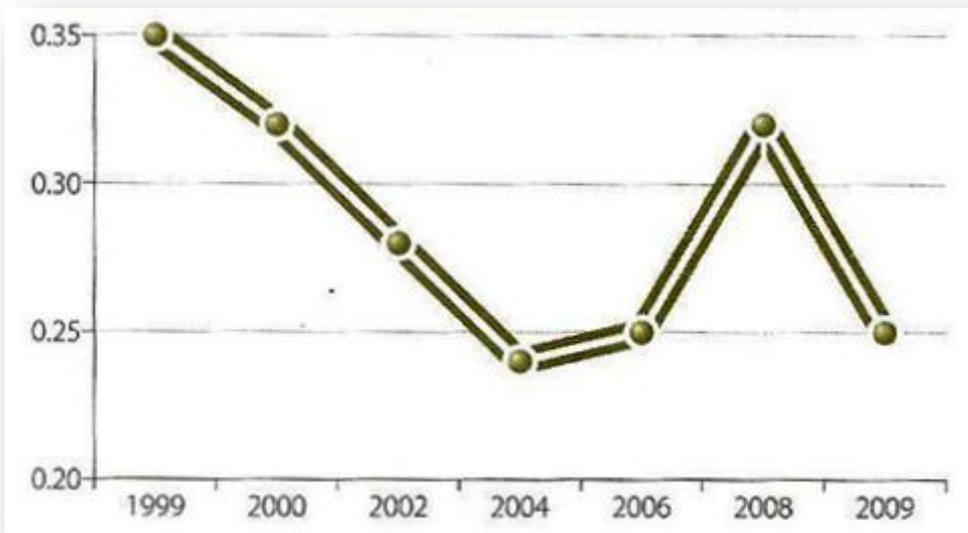
Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

En cuanto a la privatización de los ferrocarriles puede considerarse un proceso exitoso e importante al mismo tiempo ya que el tráfico de éste transporte crece de manera satisfactoria y la economía también se ve beneficiada.

³³ Francisco Javier Gorostiza. Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga. AMF. 1er edición 2011

Como resultado de lo anterior, hoy las tarifas son muy competitivas por lo cual hace que se mantengan los niveles de transporte, por lo que se ve en un análisis realizado por toneladas-kilometro se puede ver que en el año de 2003 se mantiene a precio constante por otro lado se puede observar que las tarifas se redujeron ya para el 2009.³⁴

Figura 16. Evolución del Ingreso Medio de Operación Por TNK (pesos constantes 2003)



Fuente: Ferrocarriles Clase I México. Calculado con Información Railroad Facts AAR.

Actualmente por solo tomar algunos datos de los concesionarios como son Ferrosur y KCSM se muestra que los factores de cobro varían con respecto a lo transportado en cuanto a un análisis de ton-km podemos ver que varía muy poco de una concesionaria a otra lo cual permite que esto se vuelva más competitivo entre todas las concesionarias.

³⁴ Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga

Producto	Pesos Mínimos (kg)	Factores de cobro (\$)		Cuota por tonelada a 500 km (\$)
		Fijo por tonelada	Variable por ton-km	
Aceites y grasas vegetales	60,000	132.66	0.591903	428.61
Ácido sulfúrico	10,000	154.77	0.650521	480.03
Ácidos no especificados	25,000	213.12	0.806515	616.38
Arena sílica	65,000	152.23	0.653757	478.86
Amoniaco anhidro (uso industrial)	50,000	334.83	1.039992	854.83
Amoniaco anhidro (fertilizante)	50,000	169.02	0.733916	535.98
Arroz limpio	40,000	124.50	0.597811	423.41
Azúcar	60,000	131.53	0.584390	423.73
Carbón mineral	45,000	123.77	0.552755	400.15
Celulosa	40,000	175.66	0.688606	519.96
Cemento y mortero para construcción	60,000	114.18	0.601620	414.99
Cloro líquido	15,000	219.00	0.799096	618.55
Combustóleo	25,000	129.83	0.572642	416.15
Chatarra de equipo ferroviario	25,000	173.21	0.719994	533.21
Desperdicio de fierro	45,000	188.83	0.736573	557.12
Desperdicio de papel o cartón	20,000	135.47	0.713140	522.04
Fertilizantes, N.E.	50,000	169.02	0.706747	522.39
Fertilizantes, N.E.	60,000	151.11	0.665165	483.69
Forr. pastas sem. oleag.	18,000	196.62	0.723355	558.30
Forr. pastas sem. oleag.	30,000	161.96	0.705677	514.80
Forr. pastas sem. oleag.	45,000	149.54	0.683624	491.35
Frijol	60,000	141.88	0.637943	460.85
Gomas y Resinas	25,000	201.60	0.903795	653.50
Gráneles y agrícolas:				
Frijol soya	60,000	148.97	0.675230	486.59
Maíz	60,000	139.34	0.675230	476.96
Sorgo	60,000	139.34	0.675230	476.96
Trigo	60,000	139.34	0.675230	476.96
Madera corriente en bruto	45,000	145.86	0.581917	436.82
Mieles y jarabes, N.E. (incluye fructuosa y alta fructuosa)	20,000	234.68	0.833497	651.43
Mineral de fierro	45,000	94.49	0.561666	375.32
Monómeros	15,000	313.11	0.973614	799.92
Óxido de etileno	15,000	289.06	0.929084	753.60
Papel papelería	25,000	241.58	0.791435	637.30
Papel para periódico	30,000	208.56	0.756596	586.86
Productos de sodio* Grupo A	Según el producto	215.90	0.756596	590.95
Productos de sodio* Grupo B	Según el producto	170.83	0.641748	491.70
Productos de sodio* Grupo C	Según el producto	155.83	0.600076	455.87
Productos de sodio* Grupo D	30,000	125.99	0.533402	392.69
*Excepto sulfato de sodio en bruto				
Productos químicos N.E.	15,000	237.69	0.774658	625.02
Semillas oleaginosas	40,000	161.36	0.618967	470.84
Sebo y grasas	20,000	204.89	0.814513	612.15
Sulfato de sodio en bruto	30,000	124.13	0.601607	424.93
Sulfato de sodio en bruto	40,000	115.07	0.570490	400.32
Vehículos automotores armados	15,000	654.92	1.918092	1,613.97
Vehículos automotores armados	20,000	561.34	1.644076	1,383.38
Vehículos automotores armados	30,000	467.80	1.370063	1,152.83

Producto	Pesos Mínimos (kg)	Factores de cobro (\$)		Cuota por tonelada a 500 km (\$)
		Fijo por tonelada	Variable por ton-km	
Aceites de alquitrán de hulla	25,000	141.34	0.576575	429.63
Aceite lubricante, incluye líquido para transmisión	25,000	233.18	0.765450	615.91
Aceites y grasas vegetales	60,000	146.59	0.57887	445.53
Aceleradores, suavizadores, solventes o disolventes de caucho o hule	25,000	355.97	1.004034	857.99
Ácido sulfúrico	10,000	180.46	0.667585	514025
Ácidos no especificados	18,000	313.35	0.883980	755.34
Ácidos no especificados	25,000	286.44	0.831466	702.17
Alcoholes líquidos	20,000	325.26	0.944115	797.32
Alcoholes sólidos	20,000	325.26	0.944115	797.32
Algodón	20,000	212.82	0.715745	570.69
Aluminio, láminas, N.E., etc.	20,000	386.60	1.073620	923.41
Aparatos eléctricos	20,000	600.11	1.049671	1,124.95
Arena sílica	65,000	123.26	0.672746	459.63
Arroz limpio	40,000	138.30	0.564266	420.43
Arroz palay	30,000	118.14	0.525353	380.82
Azúcar	60,000	136.83	0.558024	415.84
Barras, lingotes, lupias (billetes) de hierro	50,000	161.85	0.616335	470.02
Cacahuates	20,000	212.82	0.715745	570.69
Carbón mineral	35,000	135.03	0.563767	416.91
Carbón mineral	45,000	124.60	0.553519	401.36
Catalizadores	15,000	263.98	0.825098	676.53
Celulosa	40,000	152.60	0.564627	434.91
Cemento y mortero para construcción	60,000	126.44	0.561713	407.30
Cloro líquido	15,000	319.89	0.902405	771.09

83

Actualmente el país cuenta con líneas férreas las cuales van de norte a sur y de oriente a poniente. Actualmente México únicamente es propietario de la infraestructura ferroviaria ya que tiene concesionada la prestación de servicios.

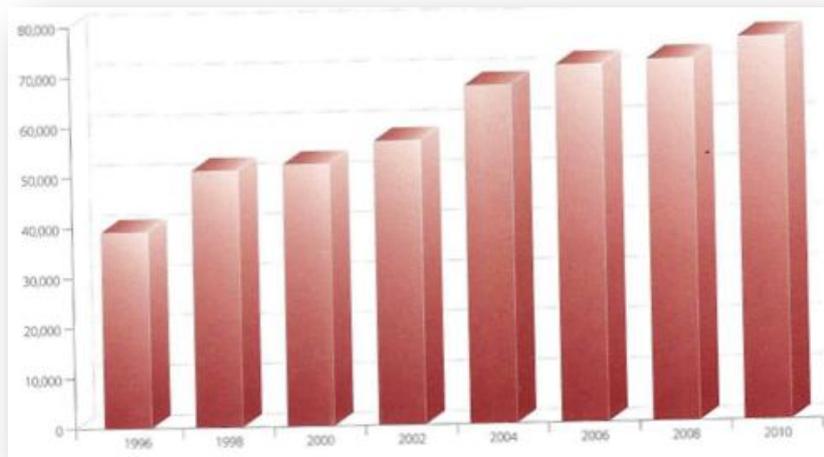
El sistema ferroviario está compuesto por:

- 26,704 km de vías
 - o 17,779 km de vías principales
 - o 4,447 km de vías auxiliares (patios y laderos)
 - o 1,555 km de vías particulares
 - o 2,923 km de vía principal y secundaria fuera de operación

- 1,160 locomotoras

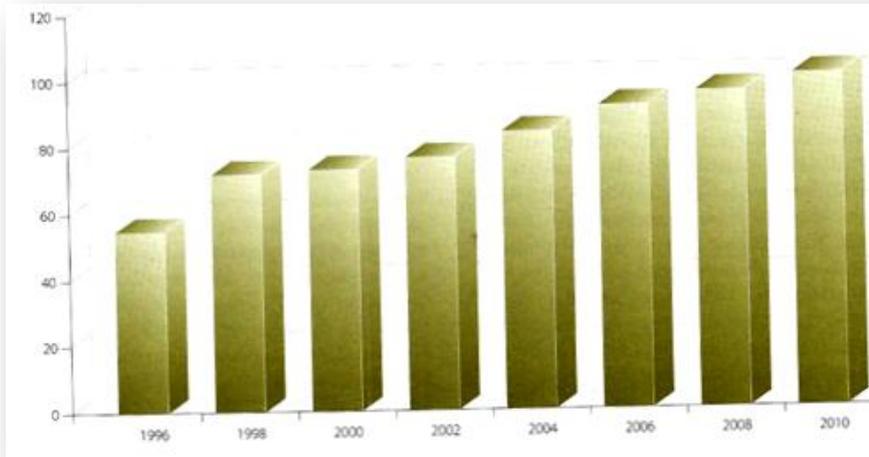
El largo de los trenes ha cambiado dramáticamente, en los inicios de la era diésel medían 600 metros, los de Ferrocarriles Nacionales de México mil 200 metros, y los de las tres empresas privadas de hoy, 3 mil metros y en Canadá y EUA se llegan a ver trenes aún más largos. Los Ferrocarriles Nacionales de México transportaban 11% de la mercancía comercial del país. Hoy, más del 26% de la carga terrestre se mueve por tren.

Figura 17. Crecimiento tráfico ferroviario Carga (millones de toneladas-kilómetro)



Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

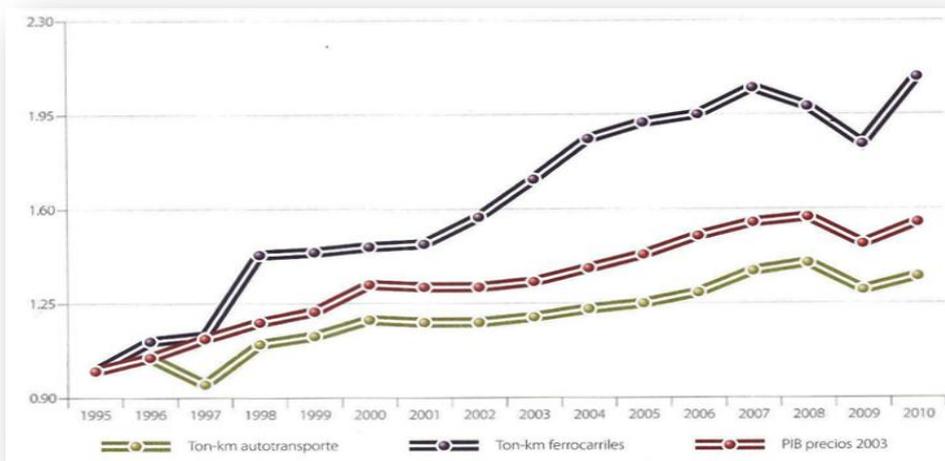
Figura 18. Evolución de Carga Ferroviaria (millones de toneladas)



Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

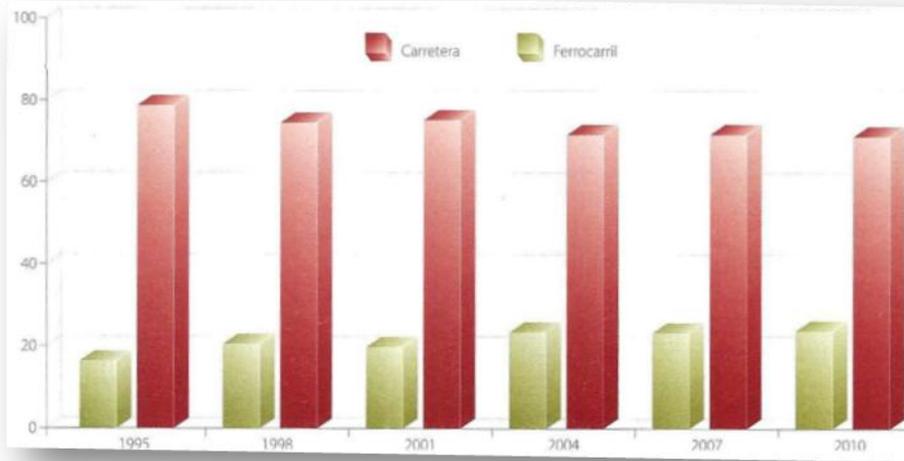
Tras la consolidación de su corredor internacional y la compra de terminales, el volumen de la carga intermodal que cruza la frontera de Estados Unidos a México de la ferroviaria Kansas City Southern, en el primer trimestre del año se incrementó 78%, comparado con igual periodo del año anterior.

Figura 19. Índice de crecimiento PIB y Transporte terrestre



Fuente: INEGI, Anuario Estadístico SCT (2011) y V Informe de Gobierno.

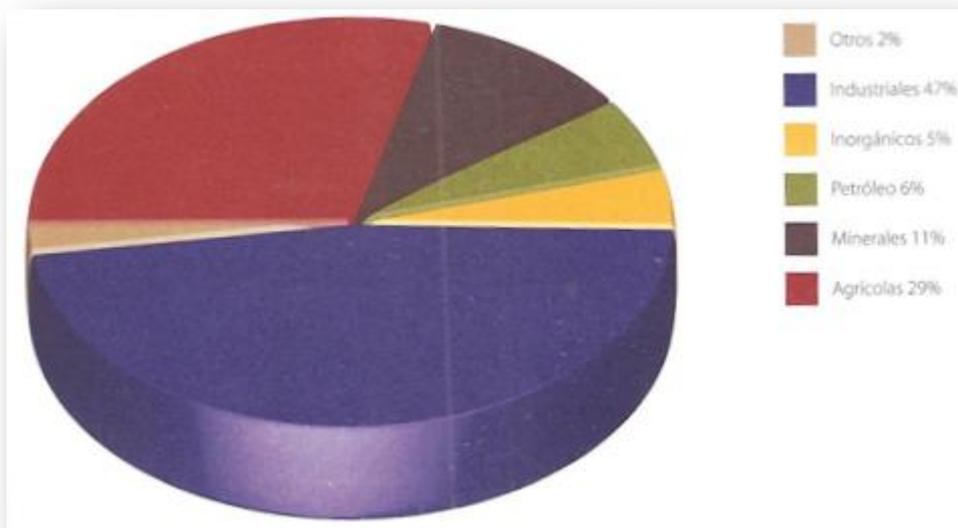
Figura 20. % de participación en el mercado de transporte terrestre (tonelada-kilómetro)



Fuente: INEGI, Anuario Estadístico SCT (2011)

En término de ingresos, la carga intermodal de Estados Unidos a México, avanzó 87%, lo que significó pasar de 46 millones de dólares en el primer trimestre de 2011 a 86 millones de dólares al primer trimestre de 2012.

Figura 21. Tráfico ferroviario 2010 por grupos de producto (toneladas-kilómetro)

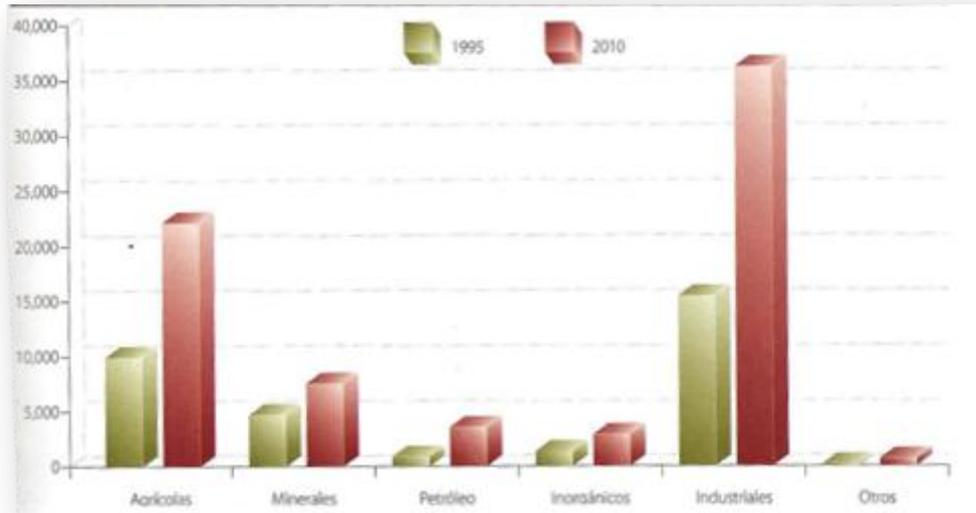


Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

Tras presentar los resultados del primer trimestre de KCS, los directivos destacaron que la expectativa de negocio entre México y Estados Unidos sigue siendo positiva, ya que esperan un crecimiento de la economía mexicana de entre 3 y 4 por ciento.

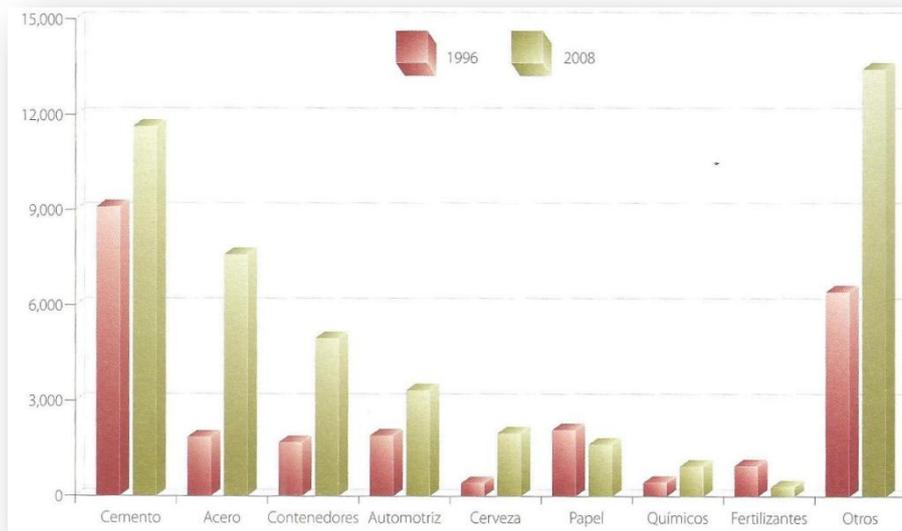
En este sentido, señalaron que la expectativa de crecimiento para la ferroviaria en México es de largo plazo y también se debe a la expansión del puerto de Lázaro Cárdenas. En este puerto mexicano la ferroviaria logró en el primer trimestre del año un crecimiento de 28% comparado con igual periodo del año pasado y en términos de ingresos avanzó 26% al alcanzar 15 millones de dólares.

Figura 22. Crecimiento Tráfico ferroviario por grupos de productos (millones de toneladas-kilómetro)



Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

Figura 23. Transporte. Principales productos industriales (miles de toneladas – Kilómetro)

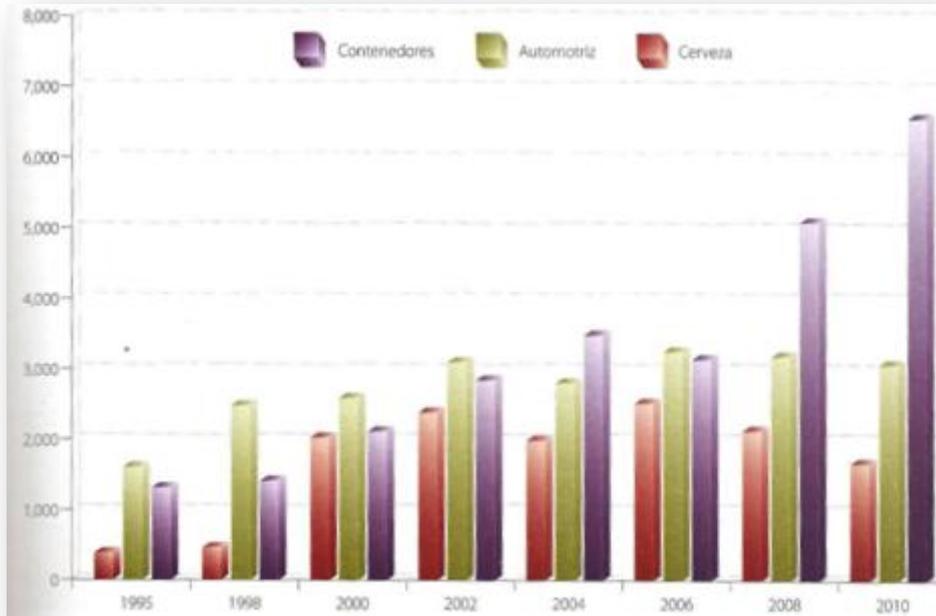


Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

Kansas City Southern, que consolida la operación de la ferroviaria en Estados Unidos, México y Panamá, reportó en el primer trimestre del año ganancias por 548 millones

de dólares y un crecimiento de 7% en el número de carros cargados, comparado con igual periodo del 2011.

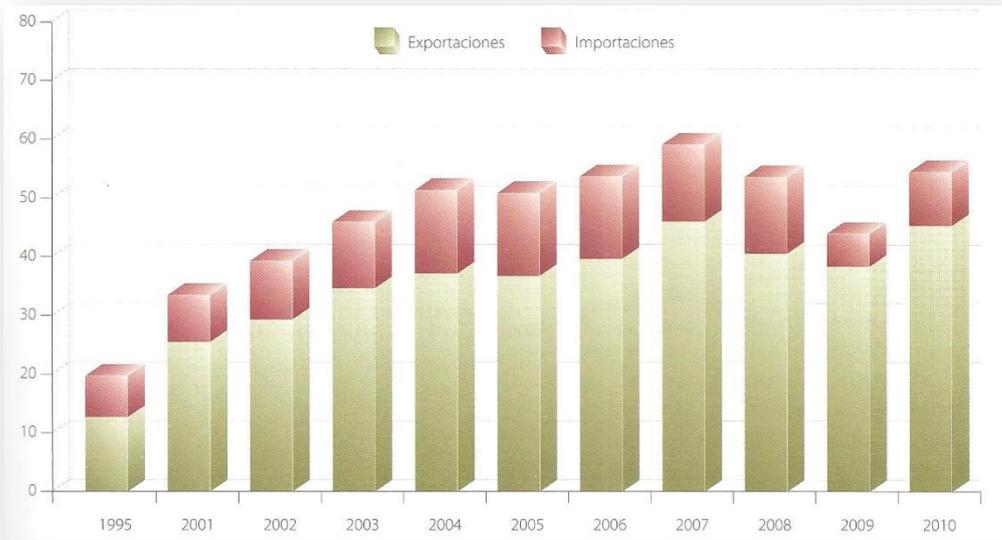
Figura 24. Transporte ferroviario de mercancías de alto valor (Miles de toneladas)



Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

El crecimiento en el movimiento de carga fue impulsado por un avance de 26% en el segmento intermodal y un incremento de 21% en la carga automotriz. El sector industrial y de productos de consumo avanzó 17%, el segmento agricultura y minerales también registraron un buen comportamiento con un avance 14% y la carga de químicos y petróleo avanzó 6 por ciento.

Figura 25. Tráfico ferroviario Internacional.
(Millones de toneladas)



Fuente: Anuario Estadístico SCT (2011)

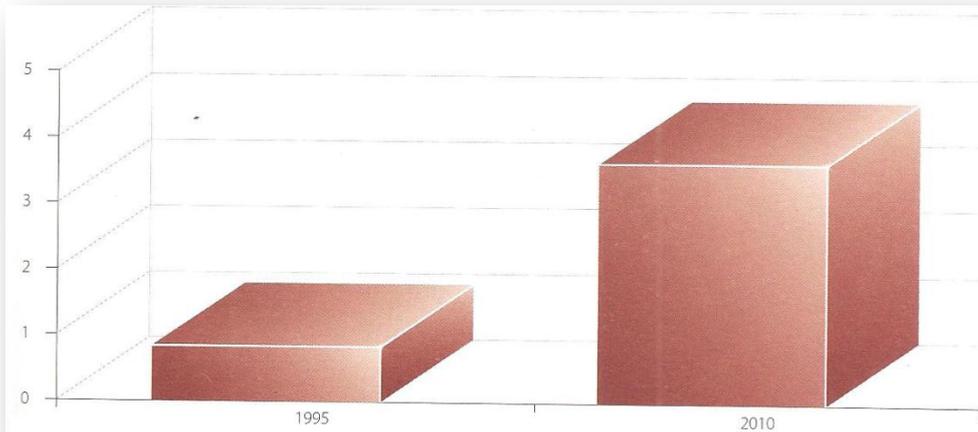
Derivado de un menor movimiento de carbón, KCS diversificó su carga del sector energético con productos como la arena frac, que se usa para la perforación de pozos petroleros y el petróleo crudo. La carga del carbón y el petróleo declinó 7% en el primer trimestre.

Tabla 15. Kilometraje de vías por empresa al 2010

Empresa	Kilómetros 2010
Kansas City Southern de México	4, 283
Ferromex	8, 427
Ferrosur	1, 479
Línea Coahuila Durango	974
Compañía de Ferrocarriles Chiapas Mayab*	1, 550
Ferrocarril y Terminal del Valle de México	297
Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec	219
Administradora de la vía corta Tijuana Tecate	71
Vías no concesionadas o fuera de operación	3, 410
Total	20,710

Fuente: Anuario estadístico SCT (2011)
*Operado temporalmente por el FIT

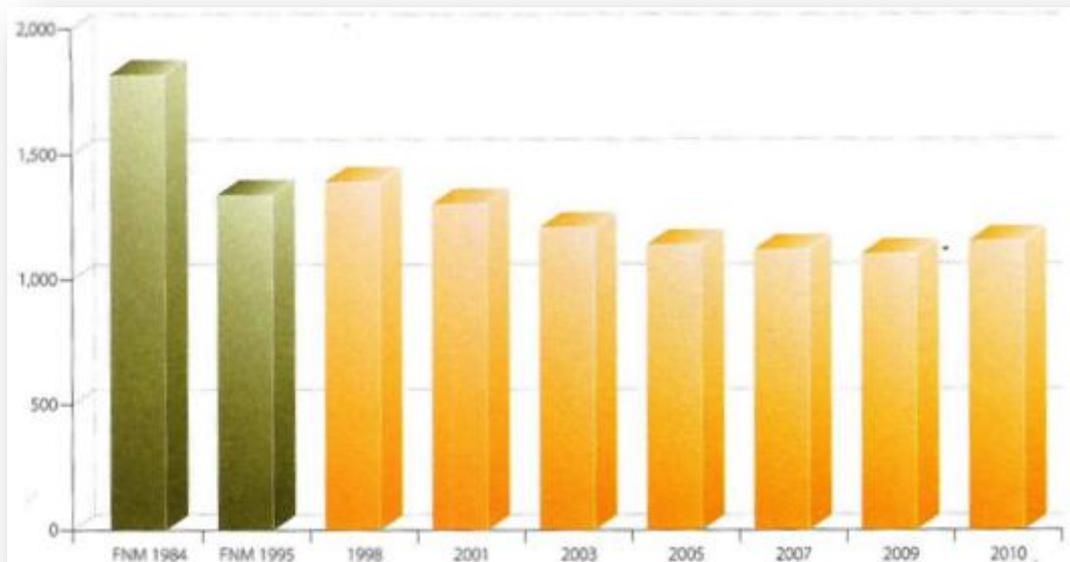
**Figura 26. Densidad infraestructura ferroviaria
(ton-km/km de vía)**



Fuente: Anuario estadístico SCT (2011)

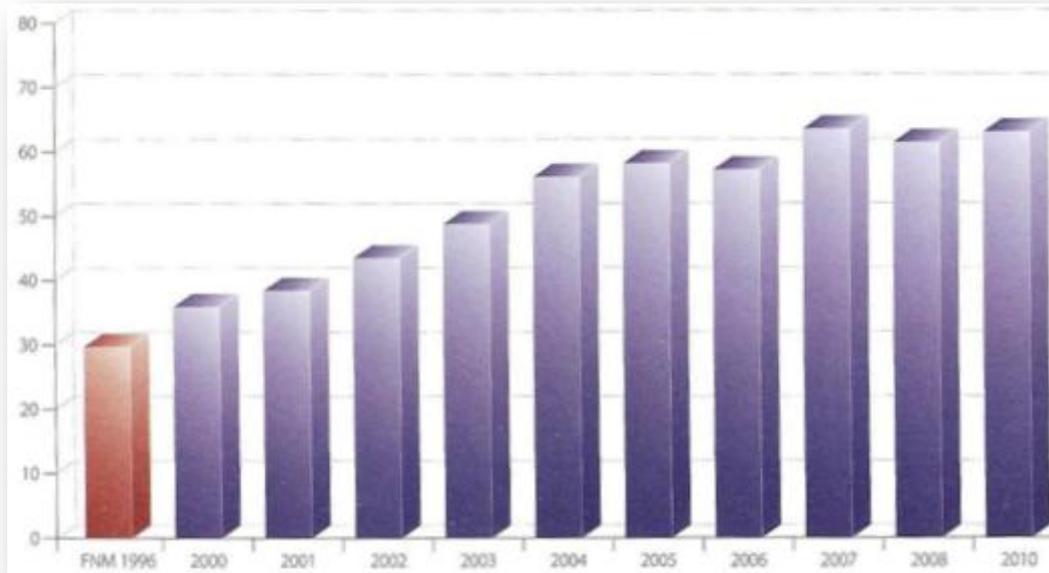
El ferrocarril incrementó 23% su totalidad de operación en el primer trimestre del año, la cual fue de 158 millones de dólares, comparado con los 128 millones de dólares del 2011. Los gastos de operación aumentaron de 361 millones mismos que fueron registrados en el 2011 a 336 millones al año 2012.

Figura 27. Flota, Locomotoras



Fuente: FNM y Anuario estadístico SCT (2011)

Figura 28. Productividad, Locomotoras



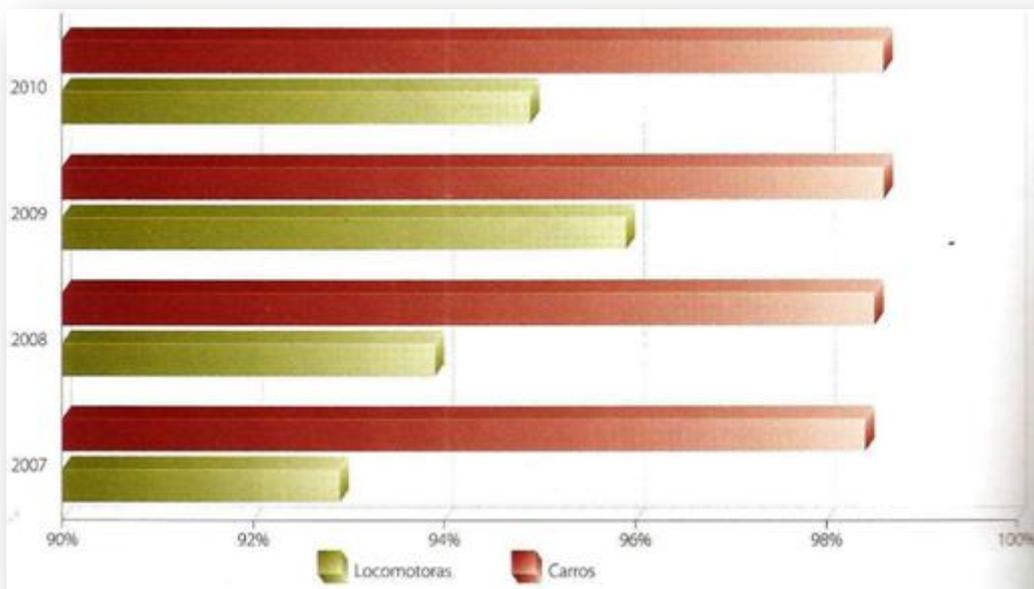
Fuente: FNM y Anuario estadístico SCT (2011)

IV. Proyectos Ferroviarios de carga

México posee una red de ferrocarriles de carga manejada por concesionarios privados que se extiende a través de la mayor parte del país, conectando los principales centros industriales con los puertos y con conexiones fronterizas a la red de ferrocarriles estadounidense. Entre los años 1997, cuando Ferrocarriles Nacionales de México suspendió el servicio, y 2008, cuando se inauguró la primera línea del Ferrocarril Suburbano del Valle de México, la red de ferrocarriles de pasajeros en México quedaba limitada a un par de líneas de trenes turísticos.

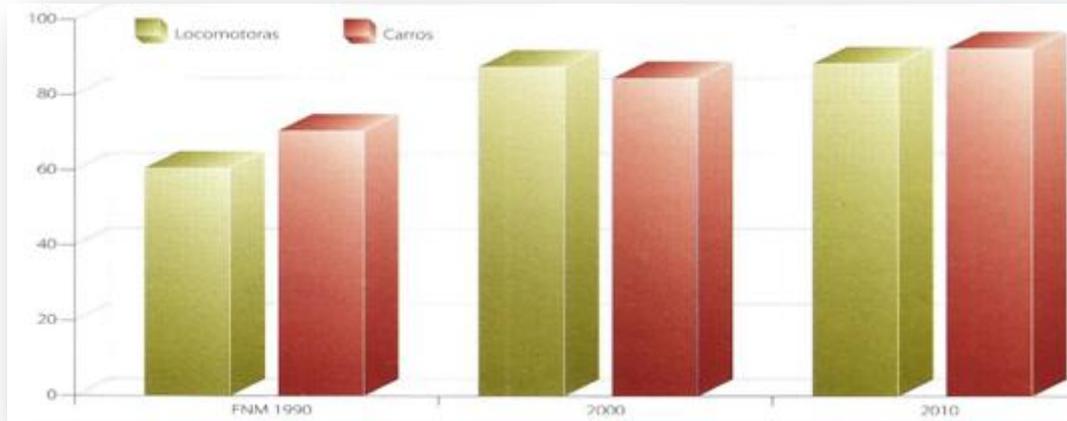
D` Estrabau, Gilberto, El ferrocarril, México, 2009

Figura 29. Disponibilidad de equipo (%)



Fuente: KCSM

Figura 30. Disponibilidad de equipo (%)



Fuente: FERROMEX

En México existen una gran cantidad de arterias urbanas de gran importancia que tienen condiciones particulares de funcionamiento que no son las deseadas, como el presentar cruces a nivel con otro tipo de infraestructura como sería el caso de la ferroviaria. Esta condición provoca que existan afectaciones a la población usuaria de las vialidades urbanas, manifestadas en congestionamientos vehiculares y las cuales se traducen en mayor consumo de combustible, desgaste vehicular adicional y pérdida del tiempo, entre otros. Por otra parte, la operación ferroviaria dentro de las ciudades provoca ineficiencias e incremento en los costos de operación y mantenimiento de los ferrocarriles y molestias de diversa índole a la población.³⁵

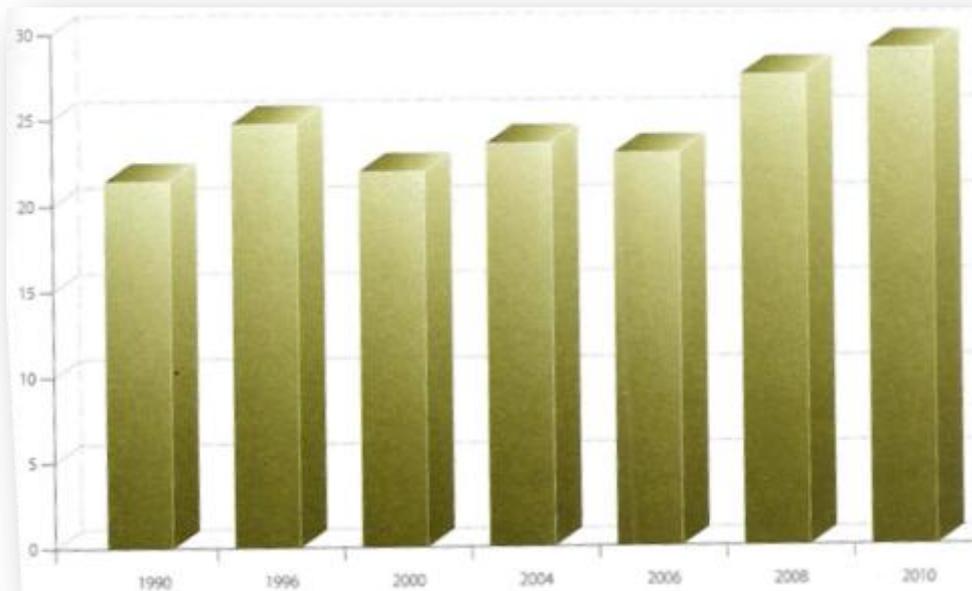
94

Con base en lo anterior, una de las estrategias marcadas por la Secretaría de Comunicaciones y transportes y que está en línea con el Plan Nacional de Infraestructura (PNI), es el mejorar los costos y tiempos de traslado mediante la construcción de libramientos e infraestructura urbana que permitan elevar la velocidad actual, mejorar la seguridad de la carga, retomar el transporte de pasajeros, incentivar un mayor uso de los trenes de carga.³⁶

³⁵ Documento Costo-Beneficio de Celaya

³⁶ SCT. PNI 2013-2018 “Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones”. Consultado 5 de Noviembre de 2013

Figura 31. Velocidad comercial de trenes de carga (km/hora)



Fuente: Anuario estadístico SCT (2011)

IV.1 Libramiento ferroviario Celaya

El proyecto del libramiento ferroviario en Celaya, Guanajuato, pretende resolver los problemas que aquejan a la ciudad con motivo del cruce por su interior de las líneas férreas denominadas "NB" que une a la Ciudad de México con el Puerto de Lázaro Cárdenas y Monterrey (que corre en el sentido de norte a sur y es operada por Kansas City Southern de México) y "A" que conecta la Ciudad de México con el Puerto de Manzanillo y Ciudad Juárez (que corre en el sentido de oriente a poniente y es operada por Ferromex).³⁷ En el cruce de Celaya circulan 35 trenes diarios atravesando el centro de la ciudad, situación que genera congestión y retrasos en la operación ferroviaria.³⁸



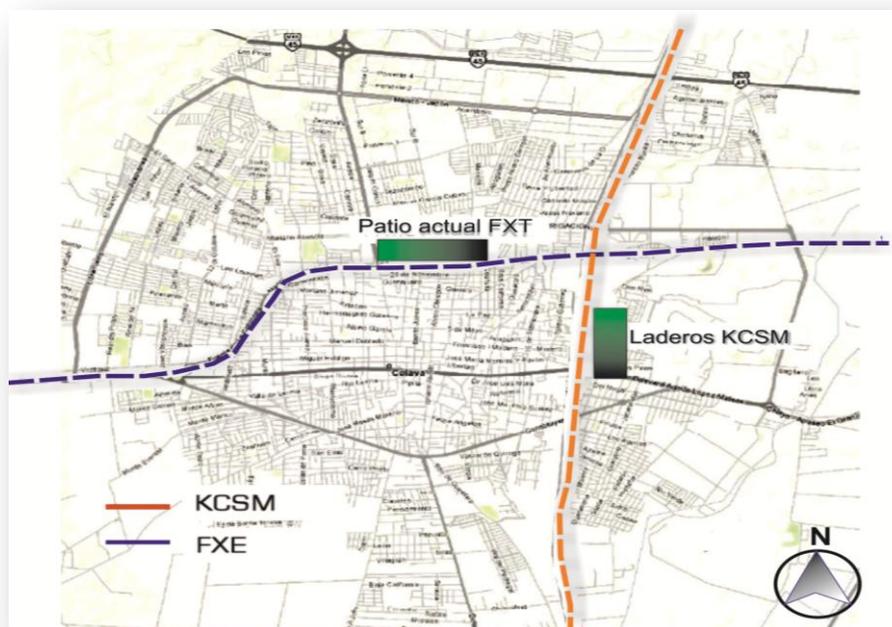
*Fuente: Estudio Inmobiliario del libramiento Celaya
Cartografía base de la ciudad de Celaya, en la que se señalan en morado las líneas del ferrocarril, y en magenta los límites de las colonias.*

Actualmente las vías férreas de las empresas concesionarias Kansas City Southern de México (KCSM) y Ferrocarril Mexicano (FXE), cruzan la ciudad de Celaya tanto en

³⁷ Estudio Inmobiliario de Celaya

³⁸ http://www.t21.com.mx/news/news_display.php?story_id=15919

Por conveniencia de ambas concesionarias y un derecho de paso, los trenes de KCSM salen del patio de Escobedo para llevar las unidades al patio actual de Ferromex en las vías correspondientes y tomar sus unidades en el mismo patio y regresar a Escobedo.

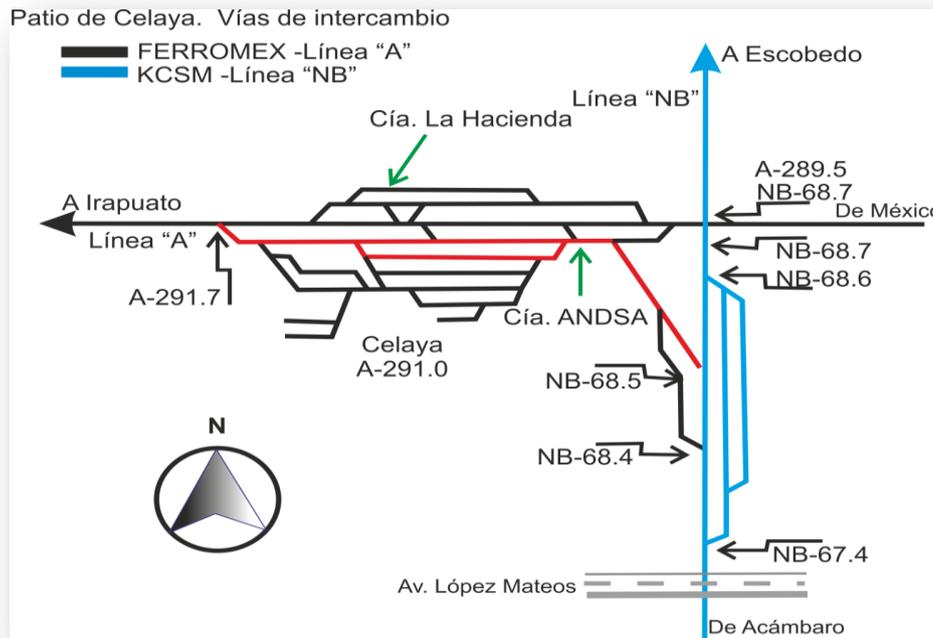


98

Para las empresas concesionarias el hecho de atravesar la ciudad implica una disminución considerable en la velocidad de sus trenes, que genera por consiguiente pérdida de tiempo e incremento en sus costos de tiempo de la carga. Adicionalmente, la situación se complica debido a que ambas vías cruzan a nivel, implicando que KCSM tenga que coordinarse con FXE (que tiene el control del derecho de paso según la concesión), para que le autorice el paso, provocando una pérdida adicional de tiempo para KCSM que en promedio para todos sus trenes es de 83 min, según los datos estadísticos de esta última empresa.

Prever el cruzamiento de los trenes de los dos concesionarias es imposible y por consecuencia el aumento importante del tiempo de espera para los trenes que piden el permiso de paso de Ferromex a KCSM en este punto.

Actualmente FXE cuenta con patio de maniobras y KCSM cuenta con unos laderos, siendo esta infraestructura utilizada también como vías de intercambio.



Por otra parte, al disminuir la velocidad y hacer paros y maniobras dentro de la ciudad se genera un incremento en la incidencia de robo de las mercancías transportadas.

Las mismas condiciones de operación de los ferrocarriles antes descritas generan de forma indirecta fuertes problemas viales en las principales avenidas de la ciudad, destacando 6 cruces con vialidades para FXE y 9 cruces con la empresa KCSM, siendo que existen algunos otros cruces de menor importancia.

Ubicación de los principales cruceros RVR



Actualmente en estos 15 cruces existen problemas de congestionamiento de tránsito debido al paso y maniobras del ferrocarril prácticamente durante todo el día, dividiendo a la ciudad de norte a sur y de este a oeste, obligando a la población a cruzar las vías del tren prácticamente en cualquier dirección que se desplacen dentro de la mancha urbana.

En el caso de los accidentes viales con el tren en 2008 se han registrado un total de 18 accidentes como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16. Casos de arrollamiento anual de personas y vehículos

Vandalismo	Casos por año
Arrollamiento a personas	3
Arrollamiento a Vehículos	12
Vehículos no arrollados	3
Total	18

Fuente: KCSM

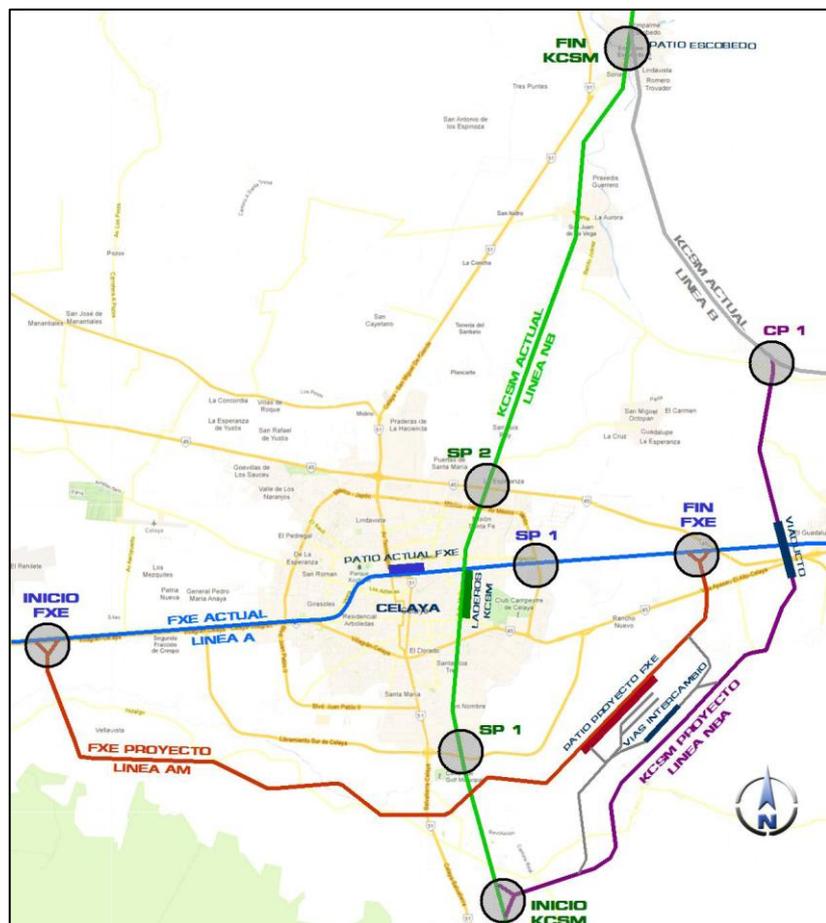
Por lo tanto los objetivos del libramiento son reducir la convivencia urbano-ferroviaria, aumentar la velocidad comercial en ambas líneas, disminuir los costos ferroviarios e incrementar 62% el tráfico y la carga ferroviaria en los primeros 10

años. Otro de los objetivos y propósitos es eliminar las molestias que genera la presencia del tren dentro de la ciudad, afectando a las viviendas y comercios aledaños a las vías del tren.

Por último se busca mejorar los tiempos de traslado de la carga ferroviaria, por circular a menor velocidad dentro de la zona urbana además del tiempo perdido que se da por autorización del derecho de paso de FXE a KCSM.

A continuación se presenta el análisis de los nuevos recorridos, con distancias y tiempos estimados con proyecto, de tal manera que se pueda obtener el costo incurrido con proyecto (ubicar puntos de fin e inicio de los tramos en la figura siguiente. Nota: SP = Sin proyecto, CP = Con proyecto, para fines de comparación).

Figura 32. Puntos relevantes para definir los tramos de recorrido FXE y KCSM



Fuente: SCT 2010

Tabla 17. Tiempos y Velocidades de recorrido por tren (KCSM)

Tramo	Inicio-Fin de Tramo	Zona	Distancia (km)	Velocidad Promedio (km/Hr)	Tiempo de recorrido (Hr)	Tiempo de recorrido (min)
1	Punto de Inicio-Punto CP1	Rural	20.97	60.0	0.35	20.97
2	Punto CP1-Punto Fin	Rural	10.00	60.0	0.17	10
Total			30.97		0.52	30.97

Fuente: Estimación con base en datos de distancia de recorrido, condiciones físico-geométricas del proyecto y velocidades de operación previstas

En el caso de FXE sólo se identificó un solo tramo, ya que los 25.05 km del nuevo libramiento serán en su totalidad por zona rural.

Tabla 18. Tiempos y Velocidades de recorrido por tren (FXE)

Tramo	Inicio-Fin de Tramo	Zona	Distancia (km)	Velocidad Promedio (km/Hr)	Tiempo de recorrido (Hr)	Tiempo de recorrido (min)
1	Punto de Inicio-Punto Fin	Rural	25.05	60.0	0.42	25.05
Total			25.05		0.42	25.05

Fuente: Estimación con base en datos de distancia de recorrido, condiciones físico-geométricas del proyecto y velocidades de operación previstas

Retirar el paso del ferrocarril del interior de la ciudad de Celaya es una exigencia que ha ido en aumento por parte de la ciudadanía, por todas las molestias que éste provoca en su población.

La aceptación del proyecto por parte de la comunidad es contundente, ya que en datos de periódicos, revistas y entrevistas de diversos medios, exigían la cancelación del paso del tren por la ciudad.

Con la ejecución del proyecto se podrán postergar o evitar futuras obras de pasos vehiculares a desnivel en varios de los puntos conflictivos de la ciudad por cruce avenidas y vías.

Actualmente se observa conflicto en los puntos de cruce entre calles y vías férreas, pero se prevé que con las tendencias de crecimiento del flujo vehicular y el ferroviario, en menos de 20 años, se tenga un caos que prácticamente estrangularía la dinámica de la ciudad de Celaya, afectando gravemente toda la actividad económica y convivencia armónica en la misma.

Un elemento fundamental de este proyecto, es la próxima instalación de una planta del fabricante automotriz de origen Japonés, Honda, en el área de influencia del libramiento, que a su vez le permitirá el movimiento de carga por el acceso a los dos ferrocarriles principales del país.³⁹

³⁹ Documento Costo-Beneficio del Libramiento ferroviario Celaya

IV.2 Libramiento ferroviario Guadalajara – Aguascalientes.

El Estado de Jalisco se encuentra situado en la zona occidental del país, colinda con el Estado de Nayarit hacia el noroeste, los Estados de Zacatecas y Aguascalientes en el Norte; Guanajuato por el Este, Colima y Michoacán hacia el Sur, mientras que en el Poniente tiene una importante franja costera en el Océano Pacífico

Figura 33. Ubicación del trazo propuesto



Se considera que la construcción del acortamiento ferroviario “Encarnación de Díaz - El Castillo”, (figura 33) representaría un estímulo importante para la Industria Manufacturera del país, debido a la contribución del sector manufacturero en la región Occidente sobre el total Nacional. De esta manera, el proyecto en cuestión representaría un detonante en el desarrollo económico incrementando la competitividad del Sistema Ferroviario Mexicano.

A nivel nacional, el proyecto contempla beneficiar a varios estados con respecto a la oferta ferroviaria. Sin duda, el tráfico que circulará por el acortamiento se puede estimar con estadística de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal. Actualmente, los flujos de mercancías que circulan entre Manzanillo y los distintos destinos al norte del país se pueden obtener a través de la información

estadística disponible en la DGTFM. Es importante mencionar que Manzanillo es el puerto con mayor carga en el país, y con la realización del proyecto se beneficiaría considerablemente al país.

La estadística de corredores ferroviarios nos muestra la demanda a corto plazo que se tendría entre Manzanillo y los cuatro principales destinos de carga que pasan por Encarnación y El castillo. Es importante mencionar que en estos datos, no se encuentra toda la carga que se mueve por ambas localidades sino las principales.

La carga que actualmente se mueve en ambos sentidos entre Guadalajara y Aguascalientes es aproximadamente de 8 millones de toneladas netas anuales. Por medio de estimaciones hechas por la concesionaria (la línea "A" esta concesionada a Ferromex y la línea "NB" concesionada a Kansas City Southern México), se calcula que la demanda potencial del acortamiento podría ascender a 6.6 millones de toneladas netas anuales, compuesta por un tráfico potencial de 4.9 millones de toneladas anuales derivadas del desvío de los distritos de La Barca y Encarnación, así como 1.7 millones de toneladas anuales por la demanda adicional inducida por el autotransporte.

Tabla 19. Estadística de Carga Ferroviaria en la Zona de Proyecto, Año 2010

Corredor Manzanillo-Ciudad Juárez y viceversa		Corredor Manzanillo-Nuevo Laredo y viceversa	
Ida:	1,173,774 toneladas	Ida:	1,191,759 toneladas
Vuelta:	983,644 toneladas	Vuelta:	685,011 toneladas
Corredor Manzanillo-Piedras Negras y viceversa		Corredor Manzanillo-Tampico y viceversa	
Ida:	1,438,117 toneladas	Ida:	244,916 toneladas
Vuelta:	562,947 toneladas	Vuelta:	218,048 toneladas
Total movimiento de carga que pasa por Encarnación y El Castillo			
Ida:	4,047,565 toneladas		
Vuelta:	2,450,649 toneladas		

Fuente: Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal SCT

Aproximadamente, el corredor tendrá de carga inmediata el equivalente a los flujos actuales de 6.5 millones de toneladas anuales. Considerando que a corto plazo con la mejora del corredor a través del acortamiento y lo efectos de aumento de velocidad comercial y reducción de costos por km. se podrían alcanzar hasta 8 millones de

toneladas circulando por la infraestructura del proyecto. Con ayuda de la estadística desagregada se podrá identificar el potencial de crecimiento antes mencionado. Para ello, la DGTFM realizó un análisis para obtener el tipo de carga que circula en 2010 por la Zona de Proyecto.

Tabla 20. Corredor Manzanillo – Piedras Negras

PRODUCTOS	TONELADAS	PRODUCTOS	TONELADAS
Piedras Negras-Manzanillo	562,946	Manzanillo-Piedras Negras	1,438,116
LÁMINAS, PLANCHAS FIERRO	173,190	MINERAL DE FIERRO	756,228
CERVEZA	125,522	CONTENEDORES	381,198
COMBUSTÓLEO, ACEITE	109,192	MAÍZ	89,690
FIERRO PARA CONSTRUCCIÓN	75,275	FIERRO PARA CONSTRUCCIÓN	54,520
MINERAL DE FIERRO	38,359	SEBO Y GRASAS NO ESPECIFICADA	32,845
VEHÍCULOS AUTOMOTORES	14,174	CEMENTO	20,893
SEMILLA DE SORGO	13,035	PRODUCTOS QUÍMICOS	22,600
AZÚCAR	6,078	TRIGO	16,329
PRODUCTOS INORGÁNICOS	4,256	ARENA SÍLICA	15,151
PRODUCTOS QUÍMICOS	1,850	VEHÍCULOS AUTOMOTORES	10,871
OTROS PRODUCTOS	2,015	OTROS PRODUCTOS AGRÍCOLAS	10,313
		OTROS PRODUCTOS	27,478

Fuente: Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal SCT

Como puede observarse en la tabla anterior, el corredor Manzanillo Piedras Negras se encuentra desnivelado por sentido. A pesar de este desequilibrio, se puede observar que la carga predominante es el mineral de hierro y en general productos de hierro, seguido de los contenedores, la cerveza el combustóleo y el aceite.

Tabla 21. Corredor Manzanillo - Nuevo Laredo

PRODUCTOS	TONELADAS	PRODUCTOS	TONELADAS
Nuevo Laredo-Manzanillo	685,011	Manzanillo-Nuevo Laredo	1,191,759
LÁMINAS, PLANCHAS FIERRO	294,763	MAÍZ	419,925
CONTENEDORES	119,049	CEMENTO	239,367
PRODUCTOS INDUSTRIALES	91,400	CONTENEDORES	141,923
TRIGO	71,378	COKE	115,741
MAÍZ	21,254	SEMILLAS OLEAGINOSAS	108,429
CARBONATO DE SODIO	19,708	ARENA SÍLICA	62,490
CERVEZA	19,073	AZÚCAR	36,498
PRODUCTOS DEL PETRÓLEO	18,834	SULFATO DE SODIO	28,813
PRODUCTOS QUÍMICOS	13,154	FIERRO PARA CONSTRUCCIÓN	11,920
FIERRO PARA CONSTRUCCIÓN	11,562	Sal	9,413
PRODUCTOS LÁCTEOS	1,292	OTROS PRODUCTOS INDUSTRIALES	5,579
OTROS PRODUCTOS	3,544	TRIGO	4,832
		SEMILLA DE SORGO	4,732
		OTROS PRODUCTOS	2,097

Fuente: Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal SCT

En el Corredor Manzanillo – Nuevo Laredo se transporta principalmente el maíz, las láminas y planchas de hierro, los contenedores, el cemento, el coke, las semillas oleaginosas y el trigo principalmente.

Tabla 22. Corredor Manzanillo – Ciudad Juárez

PRODUCTOS	TONELADAS	PRODUCTOS	TONELADAS
Ciudad Juarez-Manzanillo	983,644	Manzanillo-Ciudad Juarez	1,173,774
PRODUCTOS INDUSTRIALES	254,504	CEMENTO	447,936
MAÍZ	181,271	MAÍZ	329,001
CEMENTO	169,253	CONTENEDORES	159,017
FORRAJES PASTAS SEMILLAS	122,346	MINERAL DE FIERRO	60,775
FRIJOL DE SOYA	78,056	TRIGO	57,467
ACEITES Y GRASAS VEGETALES	41,853	PRODUCTOS QUÍMICOS	31,995
PRODUCTOS DE SODIO	20,854	OTROS PRODUCTOS AGRÍCOLAS	17,546
OTROS PRODUCTOS AGRÍCOLAS	19,273	DESPERDICIO DE PAPEL	14,815
VEHÍCULOS AUTOMOTORES	18,301	OTROS PRODUCTOS INDUSTRIALES	13,815
FIERRO PARA CONSTRUCCIÓN	16,748	LÁMINAS, PLANCHAS FIERRO	12,320
TRIGO	13,223	VEHÍCULOS AUTOMOTORES	9,617
SEBO Y GRASAS NO ESPECIFICADAS	10,740	SEBO Y GRASAS NO ESPECIFICADAS	8,166
COKE	9,994	TRIGO	4,714
PRODUCTOS QUÍMICOS	9,992	OTROS PRODUCTOS	6,590
MADERA CORRIENTE EN BRUTO	5,539		
OTROS PRODUCTOS FORESTALES	3,356		
CONTENEDORES	3,077		
OTROS PRODUCTOS	5,264		

Fuente: Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal SCT

En el Corredor Manzanillo – Ciudad Juárez se transporta por vía férrea el cemento, el maíz, los productos industriales, los contenedores, los forrajes, pasta y semillas principalmente.

Tabla 23. Corredor Manzanillo – Tampico

PRODUCTOS	TONELADAS	PRODUCTOS	TONELADAS
Tampico-Manzanillo	218,047	Manzanillo-Tampico	244,915
PRODUCTOS DEL PETRÓLEO	80,448	CONTENEDORES	65,604
LÁMINAS, PLANCHAS FIERRO	60,362	PRODUCTOS QUÍMICOS	54,594
PRODUCTOS QUÍMICOS	40,491	SEMILLA DE SORGO	42,448
ARCILLA O BARRO	26,531	PRODUCTOS QUÍMICOS	38,995
OTROS PRODUCTOS	10,215	DESPERDICIO DE PAPEL	24,813
		PRODUCTOS INDUSTRIALES	13,815
		OTROS PRODUCTOS	4,646

Fuente: Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal SCT

En el corredor Manzanillo – Tampico, se transportan productos de petróleo, productos químicos, contenedores, Láminas y planchas de fierro.

En resumen, en los corredores que utilizarían el acortamiento Encarnación - El Castillo se transportan los productos de hierro, contenedores, cemento y productos agrícolas. Este análisis indica el beneficio de reducir hasta 300 km. de trayecto por ferrocarril de las cargas susceptibles a retrasos. Por lo tanto, el desarrollo del acortamiento Encarnación – El Castillo incrementará la competitividad de las cadenas

logísticas de una manera considerable. Aunado a esto, se puede prever un potencial de carga que utilice el corredor con las ventajas de tiempo y distancia que repercutirían en la elección de las cadenas de transporte en la zona.

La reducción de distancia se identificó en el corredor Guadalajara-Aguascalientes. Los trenes efectúan un recorrido de aproximadamente 260 km de Guadalajara a Irapuato y aproximadamente 240 km adicionales de Irapuato a Aguascalientes. Cabe mencionar que el paso por la terminal de Irapuato es innecesario para los tráficos con origen o destino en Manzanillo o Guadalajara, con rumbo a Aguascalientes o la Frontera Norte. El movimiento diario aproximado es de 20 trenes, lo que equivale a 504,000 carros anuales presentando alto potencial de crecimiento de volumen carga con origen y destino en el Puerto de Manzanillo.

Con la construcción del proyecto se espera dar viabilidad a la ruta Manzanillo-Monterrey y Manzanillo-Piedras Negras, abatiendo una gran parte de los costos de transporte para importaciones y exportaciones del país.

Se considera que habrá beneficios de desarrollo e integración regional para los estados en la zona de influencia, así como aquellos que se encuentran en dicha ruta (Aguascalientes, Coahuila, Colima, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León y Zacatecas).

El acortamiento ferroviario agilizará considerablemente el paso por las zonas urbanas de San Juan de los Lagos, León, Silao, Irapuato, Pénjamo y La Barca, reduciendo los riesgos y las emisiones contaminantes en la atmósfera.

En el interior del país existen cinco corredores multimodales se verían beneficiados para el traslado de contenedores, algunos utilizarían el acortamiento directamente, otros se beneficiarían por el descongestionamiento en los tramos ferroviarios, sobre todo en los flujos de mercancía donde se combinan aquellos hacia y desde Altamira, Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Veracruz por el tonelaje que pasa por estos puertos:

- **Manzanillo – México**

Es el corredor multimodal más consolidado en los puertos mexicanos, de tal forma, que ofrece servicios regulares de doble estiba seis veces a la semana y servicios no – regulares de estiba sencilla.

- **Manzanillo – Monterrey**

El servicio es para estiba sencilla y el corredor maneja volúmenes pequeños. A pesar del gran volumen de contenedores que se movilizan, no se ha consolidado el servicio regular de doble estiba por la falta de competencia entre las empresas ferroviarias que arriban al puerto.

- **Veracruz – México**

No se han desarrollado los servicios regulares de doble estiba por la misma razón que en Manzanillo no obstante el elevado volumen de contenedores que maneja el puerto. El problema obedece, entre otras causas, el cobro de derechos de arrastre entre las empresas ferrocarrileras y a la competitividad del autotransporte en la ruta del Valle de México. El servicio fue inaugurado recientemente con escasa comercialización y una frecuencia semanal.

- **Altamira – El Bajío – México**

A principios de 2002 se inauguró el corredor multimodal Altamira – Querétaro; sin embargo, no ha podido consolidarse por la falta de competitividad por la infraestructura ferroviaria en el tramo San Luis Potosí - Tampico, que impide la operación de trenes de doble estiba y por los conflictos entre empresas ferroviarias por los derechos de arrastre.

- **Lázaro Cárdenas – El Bajío – México**

Es un proyecto cuya viabilidad y potencial dependerá del interés de los inversionistas en la terminal especializada de contenedores y de las líneas navieras de servicios regulares que sean atraídas por el puerto.

Vías Férreas

El proyecto se ubica entre la estación "Encarnación Díaz" y la vía férrea ramal estación "El Castillo" en donde entronca con el ferrocarril línea "T" Nogales-Guadalajara, que es la línea que se verá beneficiada por el proyecto.



Fuente: Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal SCT

Cabe mencionar que esta vía férrea atraviesa los tres tipos de terreno: plano, lomerío y montaña. El estado físico del tramo es regular y su jurisdicción es Federal, actualmente se encuentra concesionada y tienen un calibre de riel de 115 libras/yarda. Esta línea se desarrolla en la División Centro México, línea "A" México - Cd. Juárez beneficiando la interconexión de las líneas "T" Nogales- Guadalajara, "I" Irapuato-Manzanillo y los ramales "AE", "IC", "IB", "IN" y "TC". Estas vías conectan la mayor parte del Norte, así como el litoral pacífico y el Centro del país en sus 5 divisiones. En el proyecto no se contempla la sustitución de bienes debido a que se trata de una mejora operativa que reducirá el tiempo de recorrido de la carga que se moviliza por esta vía. El beneficio operativo es imprescindible puesto que considerando una velocidad comercial de 30 km/h, el acortamiento implicaría un ahorro en el tiempo de traslado actual de la carga de aproximadamente 10 horas.

La realización del proyecto implica la construcción de 195 km. de vía nueva (a reserva del levantamiento de la infraestructura existente), lo cual representaría un

incremento importante en la longitud de vías que componen el Sistema Ferroviario Mexicano, ya que de acuerdo al Anuario Estadístico Ferroviario de la SCT, desde el año 1994 hasta 2010 solo se han construido 237 kilómetros de vía nueva.

Año	1994	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Longitud de Vías (km.)	26,477	26,656	26,662	26,662	26,662	26,677	26,704	26,704	26,714

La línea "A" en el tramo que atraviesa por Jalisco se encuentra en buen estado y presenta una capacidad de vía de 130 ton., que actualmente es la capacidad máxima de carga en las vías que opera un concesionario.

El flujo de carga ferroviaria que proviene tanto del Puerto de Manzanillo como de la Ciudad de Guadalajara y que se dirige hacia la región del Centro-Norte del país tiene que hacer un recorrido por los distritos de La Barca y de León con una distancia de 511 km.

Por ello, se estudia la conveniencia de llevar a cabo la construcción de la ruta El Castillo-Encarnación ("el acortamiento"), la cual permitiría reducir de manera considerable el recorrido entre Guadalajara y Aguascalientes.

De acuerdo con el trazo actual, el acortamiento tendría un recorrido de 195 km. e implicaría un ahorro en el tiempo de traslado actual de la carga de aproximadamente 10 horas considerando una velocidad comercial de 30 km/h.

La construcción del acortamiento ferroviario "Encarnación-El Castillo" reducirá la distancia actual entre varias estaciones del Estado de Jalisco, la más representativa es la distancia ferroviaria entre las estaciones del Proyecto que es aproximadamente de 486.5 km. Con la implementación del proyecto, se espera que esta distancia se reduzca a 195 km. Asimismo, se reducirá el tiempo de recorrido hacia los Estados de Guanajuato, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas con el Puerto de Manzanillo.

Tabla 24. Distancias

Estación Origen	Estación Destino	Distancia
Encarnación Díaz-Jalisco	Irapuato-Guanajuato	187.5 km.
	Guadalajara- Jalisco	427.5 km.
	La Barca-Jalisco	336.5 km.
	Ocotlán- Jalisco	351.4 km.
	Ciudad de México-Distrito Federal	549.81 km.
El Castillo-Jalisco	Manzanillo-Colima	368.5 km.
	La Barca-Jalisco	81 km.
Guadalajara-Jalisco	Aguascalientes-Aguascalientes	486.5 km.

Los Estudios de pre-inversión permitirán realizar un diagnóstico de la problemática actual incluyendo aquellos factores cualitativos y cuantitativos que se presentan, así como la evidencia empírica del impacto de la situación actual. Este diagnóstico resulta necesario para la correcta proyección y en su caso, la ejecución de los componentes del proyecto.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes impulsa este proyecto con la finalidad de atender las necesidades de infraestructura en la red ferroviaria nacional. En virtud de que en algunas zonas la infraestructura presenta nuevas necesidades, se requiere de un gran esfuerzo de inversión pública y privada para continuar con la construcción, modernización y la ampliación del Sistema Ferroviario Nacional.⁴⁰

⁴⁰ Documento Costo-Beneficio del Libramiento ferroviario Guadalajara – Aguascalientes

IV.3 Libramiento ferroviario y nuevo patio de Morelia.

El estado de Michoacán se sitúa en la porción centro-oeste de la República Mexicana, limita al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.

Michoacán ocupa el séptimo lugar entre las entidades federativas más pobladas del país y lo conforman 113 municipios dentro de los cuales se encuentra el municipio de Morelia.

Morelia se localiza en la zona centro-norte del estado. Su cabecera es la capital del estado de Michoacán. Se ubica a una altura de 1,951 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tarímbaro, Chucándiro y Huaniqueo; al este con Charo y Tzitzio; al sur con Villa Madero y Acuitzio; y al oeste con Lagunillas, Coeneo, Tzintzuntzan y Quiroga.

115

Figura 34. Localización del municipio de Morelia



Debido al crecimiento poblacional y el aumento de las actividades comerciales de la región, la convivencia urbano-ferroviaria en el municipio de Morelia ha resultado afectada. Los principales problemas que ocasiona la interacción entre la operación

del ferrocarril y las vialidades urbanas, son altos costos de operación vehicular, incremento en los tiempos de recorrido de los usuarios, generados por la demoras causadas a los usuarios por el paso del ferrocarril, debido a que bloquea los movimientos en los cruces con el tren.

Adicionalmente, el paso del tren ocasiona molestias a los predios localizados en la cercanía de la red ferroviaria, por ruido, vibraciones, riesgo de explosiones y descarrilamiento, y diversos incidentes que tienen un costo alto para la población.

Figura 35. Estructura ferroviaria actual y ubicación



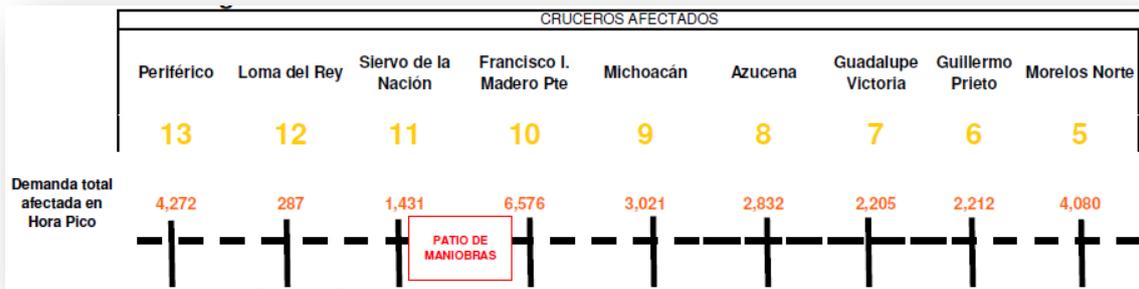
Fuente: elaboración propia en base a imágenes de Google Earth (2012)

El corredor ferroviario que cruza por Morelia, permite conectar uno de los principales puertos en el país, que es Lázaro Cárdenas con el centro del país y la frontera norte, específicamente con el cruce en Nuevo Laredo, que es el paso fronterizo con el mayor flujo de mercancías.

La industria ubicada en Morelia se dedica a elaboración de aceite comestible, productos químicos, resinas, harina, fundición, dulces en conserva, embotellamiento de agua y de refrescos, la elaboración de plásticos, fabricación de generadores eléctricos, turbinas hidráulicas y de vapor, productos de celulosa y papel.

En el área de estudio se identificaron 16 cruceros a nivel urbano ferroviario, sin embargo de estos 16 cruceros, 4 están ubicados en la zona industrial de Morelia, y no se considerarán para el análisis, ya que los usuarios están relacionados con la misma operación de las empresas y 3 están ubicadas en zona suburbana, donde la afectación es insignificante para el presente análisis, por lo que en conclusión, se pueden definir 9 puntos de afectación en la zona urbana de Morelia, mismos que se detallan en la siguiente figura.

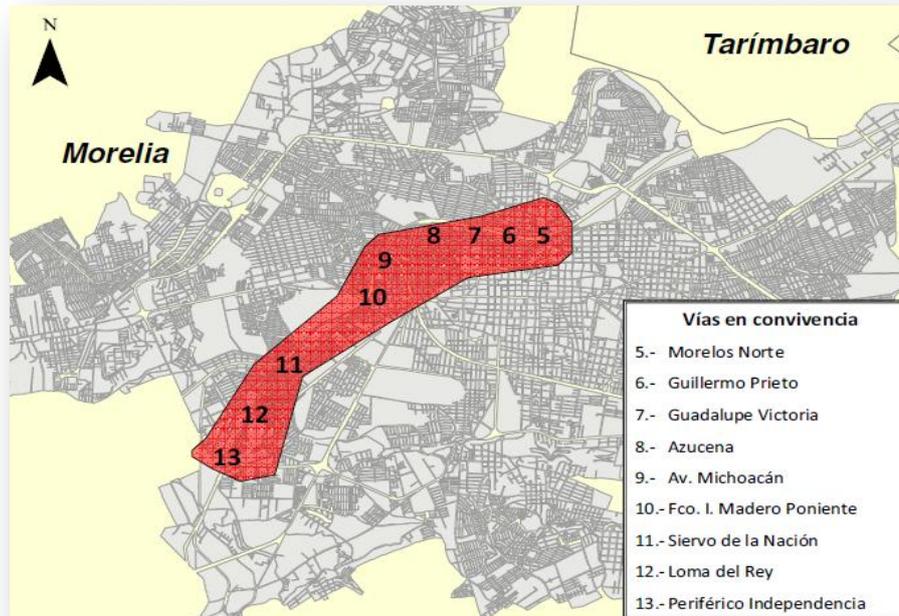
Figura 36. Cruceros a nivel urbano – ferroviarios afectados



Fuente: Cal y Mayor (2010)

Los bloqueos que genera el paso de trenes en los cruceros mencionados, generan una zona de afectación directa debido a la formación de colas de espera y al fenómeno de dispersión de la congestión. Ver siguiente figura.

Figura 37. Zona de afectación vehicular directa



Fuente: Cal y Mayor (2010)

La velocidad promedio del ferrocarril en el tramo de estudio varía según la topografía y las características de la zona con base a información de Kansas City Southern de México S.A. de C.V. (KCSM) se sabe que de la placa kilométrica (PK) PK N-330 a la PK N-361 la velocidad promedio es de 60 km/h¹. En el tramo de la zona urbana de la ciudad de Morelia, de la PK N-361 a la PK N-378 aproximadamente 17 Km, la velocidad de operación del ferrocarril es de 15 km/h (el patio de maniobras se encuentra en la PK N-374). Terminando la zona urbana comienza una zona montañosa donde la velocidad máxima es de 60 km/h la cual se mantiene hasta llegar a la PK N-385 y PK N-420, donde se limita el área de estudio.²

El patio de maniobras abarca una superficie de 90,000 m², y tiene una capacidad de operación de 375 unidades equivalente a una longitud de 8,250 m de vías férreas, considerando unidades estándar de 22 m.

El propósito de la construcción del libramiento ferroviario, es la eliminación de la problemática que genera el paso de trenes en el área urbana de la ciudad de Morelia. La ejecución del proyecto ocasionará que la ciudad de Morelia cuente con mejores condiciones en la zona urbana.

El proyecto pretende resolver los problemas actuales de congestionamiento vial y convivencia urbano ferroviaria en Morelia, que trae consigo problemas adicionales como vandalismo, accidentes viales, ruido, vibraciones en predios aledaños al derecho de vía, y altas emisiones contaminantes, así como elevados costos de operación vehicular (COV) y elevados tiempos de viaje (TV) debido a una disminución en la velocidad de circulación durante los bloqueos debidos al ferrocarril.

La ejecución del proyecto corresponde a la construcción de un libramiento ferroviario al norponiente de la ciudad de Morelia, además de la reubicación del patio de maniobras el cual será de 90,000 m² con 8,904 m de vías férreas distribuidos en 4 vías operativas de 2,100 m en promedio, con una capacidad operativa para 375 unidades considerando unidades estándar de 22 m; que se encontrará al norte de Morelia, a un costado de los terrenos que ocupa actualmente el aeropuerto de Morelia, "Francisco J. Múgica". La longitud del libramiento será de 79.43 Km y la velocidad promedio de operación se verá incrementada de 38.3 km/h (15 y 60 km/h) a 96 km/h en la situación con proyecto.

Adicionalmente, se contempla la construcción de un ladero de 3,000 m de longitud ubicado al norte de la zona urbana de Morelia, en el km 52+180 después del inicio del trazo del libramiento ferroviario.

Figura 38. Trazo actual y trazo del proyecto



Fuente: Cal y Mayor y Senermex

Tabla 25. Demora Promedio Generada a los Usuarios

Cruce	Demora Promedio	Demora máxima
Morelos Norte	8 min 16 seg	12 min 40 seg
Guadalupe Victoria	8 min 44 seg	13 min 0 seg
Michoacán	10 min 25 seg	14 min 40 seg
Madero Poniente	12 min 42 seg	20 min 0 seg
Siervo de la Nación	8 min 15 seg	16 min 20 seg
Periférico Independencia	7 min 05 seg	9 min 0 seg

Fuente: Cal y Mayor (2010)

El cruce del tren genera molestias a los habitantes que viven a un costado de las vías debido al ruido, vibraciones, riesgo de descarrilamiento, congestionamientos y bloqueos que este genera con su paso. Sin embargo, con la construcción del libramiento ferroviario se evitará que el ferrocarril cruce por la ciudad, eliminando con esto las molestias y externalidades negativas que genera a los predios aledaños a las vías ferroviarias.

Debido a que el libramiento permitirá agilizar la carga transportada en el ferrocarril, como consecuencia de una menor longitud de recorrido y a una mayor velocidad de operación del ferrocarril, el costo de oportunidad de la carga (ton-km-h) reducirá considerablemente.

Adicionalmente se eliminarán los riesgos y costos sociales relacionados con incidentes, vandalismo, molestias por ruido y vibración, así como riesgos por descarrilamiento y el paso de materiales peligrosos por el centro de la zona urbana de Morelia.

El proyecto evitará la circulación de los trenes por la zona urbana de Morelia, lo que genera beneficios al operador por menores costos de operación y mantenimiento al disminuir la longitud de la vía en un 12%.⁴¹

⁴¹ Documento Costo-Beneficio del Libramiento ferroviario y nuevo patio de Morelia

IV.4 Libramiento ferroviario de Manzanillo

Para generar energía eléctrica en la zona occidente del país es necesario el uso de gas natural, cuyos costos son elevados, situación que representaba un problema para la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Adicionalmente, las nuevas circunstancias del puerto de Manzanillo, al haberse convertido en punto de origen y destino de flujo de mercancías de procedencia tanto nacional como extranjera, requerían de un desarrollo portuario y ferroviario con mayor y mejor capacidad. Por otra parte, era necesario poner fin a la conflictiva interacción entre los habitantes de ese puerto y el ferrocarril.

En lo que respecta a la intervención ferroviaria, surgió el Proyecto del Libramiento Ferroviario de Manzanillo, Colima, que a pesar de ser una obra inducida por la construcción de la Terminal de Gas Natural Licuado (TGNL) de CFE, buscaba dar mayor capacidad operativa al manejo de la carga por ferrocarril, desde y hacia uno de los principales puertos del país en el Pacífico. De esta manera, del 2009 al 2011, la SCT ha invertido recursos fiscales por 2,836.8 millones de pesos, en los diversos componentes del Proyecto que incluyen el desvío de la trayectoria del ferrocarril con la construcción del libramiento ferroviario, un nuevo patio de maniobras con mayor capacidad e incluso mejor infraestructura y el túnel para ferrocarril, cuya construcción, aún se encuentra en proceso, todo ello permitirá mejorar la convivencia de los habitantes de la localidad con el tren.

Inicialmente se contempló construir dos libramientos, módulo carretero y módulo ferroviario, en donde los responsables encargados de la ejecución de las citadas obras fueron la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT (SSI-SCT) y el Centro SCT Colima.

El proyecto implica la construcción de una vía férrea para comunicar el Puerto de Manzanillo con la zona industrial que se desarrolla en el Vaso II de la laguna de Coyutlán permitiendo el traslado de insumos y mercancías entre los dos sitios para cubrir los siguientes objetivos:

- ✓ Ofrecer en Manzanillo instalaciones ferroviarias de calidad que cumplan con las propiedades y especificaciones para el uso de arrastre moderno.
- ✓ Proporcionar infraestructura logística que optimice las actividades industriales ente el Puerto de Manzanillo y la zona industrial del Vaso II de la Laguna de Coyutlán. En el Vaso II se encuentra una de las termoeléctricas más importantes del país y está en proceso la construcción una planta de gas natural licuado promovida por la Comisión Federal de Electricidad.
- ✓ Mejorar las condiciones de circulación en la ciudad de Manzanillo al reorientar algunas operaciones del Puerto de Manzanillo hacia el nuevo libramiento ferroviario con lo cual quedará desahogada la calle Jesús Alcaraz que es el límite Este del centro de Manzanillo.
- ✓ Minimizar accidentes en la zona urbana de Manzanillo motivados por el movimiento de carga.

El proyecto se desarrolla, por completo, en el área urbana de la ciudad de Manzanillo en el Estado de Colima. Para la vía troncal se utilizará la Av. Niños Héroeas hasta llegar al cerro de San Pedrito donde, mediante un túnel, la vía férrea llegará a la Av. Miguel Hidalgo a la altura de la calle Vicente Suárez hasta desembocar, después de cruzar la Av. Galeana, sobre el Vaso II de la laguna de Coyutlán. En ese segmento, piloteado sobre el espejo de agua, se empata la vía troncal con la espuela que permitirá al tren definir la dirección Este –Oeste sobre la vía autorizada en materia de impacto ambiental para el proyecto “Campos –Alameda - Punta Grande y ramal ferroviario por la margen norte del Vaso II de la laguna de Coyutlán, Colima”.

**Figura 39. Túnel Ferroviario y vialidades adyacentes a los portales.
Manzanillo, Colima.**



Fuente: SEGA 2010

A continuación se indican las dimensiones del proyecto de acuerdo a las áreas de intervención.

Tabla 26. Intervenciones en tierra (Ciudad de Manzanillo)

Concepto	Longitud (m)	Cadenamientos	Superficies de afectación (HA)
Longitud total de la vía férrea	1,655.36	0+000 al 1+333.447	2.43
Longitud de la vía férrea fuera del túnel (lado Coyutlán)	478.79	0+000 al 0+515.562	0.78
Longitud de la vía férrea fuera del túnel (lado Manzanillo)	261.05	1+072.385 al 1+333.47	1.64
Longitud de la vía sobre el lado de la laguna de Coyutlán (Este)	197.61	10+615.685 del libramiento	0.24
Longitud de la vía sobre el lado de la laguna de Coyutlán (Oeste)	161.03	10+185.655 del libramiento	0.30
Tramo de empotramiento (vía con boca del túnel) lado Coyutlán	46.88	0+515.562 al 0+560.439	0.28
Tramo de empotramiento (vía con boca del túnel) lado Manzanillo	45.00	1+034.14 al 1+072.39	0.27
Área de intervención en los portales (Norte y Sur)			0.13
Total			3.64

Fuente: SEGA 2010

Tabla 27. Intervenciones en tierra (Cerro de San Pedrito)

Construcción del Túnel	
Volumen estimado del material producto de la excavación del Túnel	33,215.00 m ³
Longitud del túnel dentro del cerro San Pedrito	465 m

Fuente: SEGA 2010

Tabla 28. Intervenciones en la laguna de Coyutlán (VasoII)

Concepto	Superficie de afectación (HA)
Superficie del fondo lagunar utilizada por los pilotes que soportarán el tramo de vía	0.02
Instalaciones temporales de plataformas a base de geomembranas y costaleras	0.4
Total	0.42

Fuente: SEGA 2010

La vía férrea que se pretende se desprende de la ya existente en el cadenamiento 1+333.47 en el margen norte de la Av. Niños Héroes.

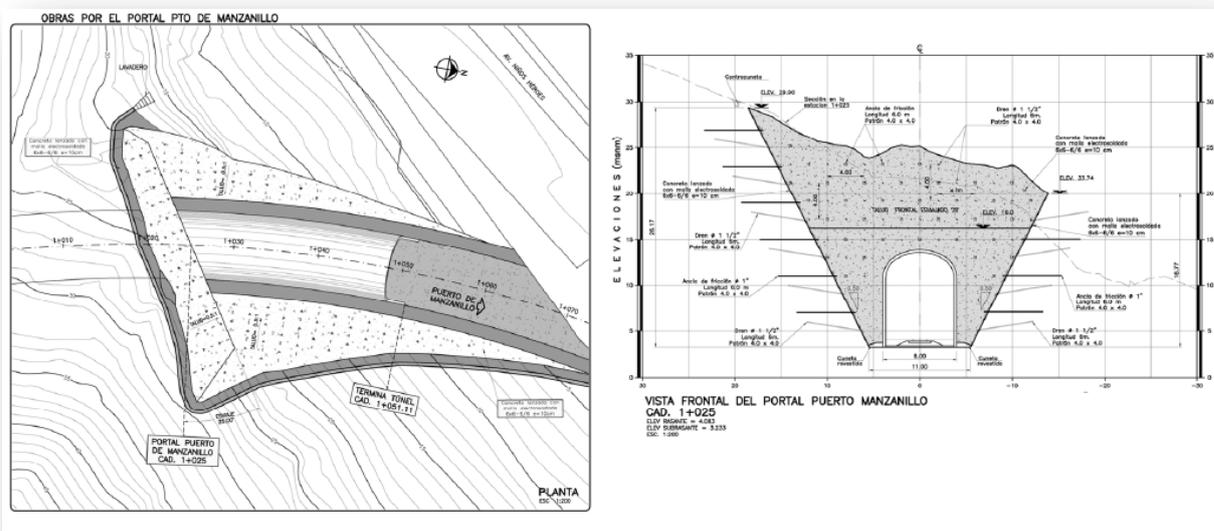
Se muestran a continuación los planos con las vistas, en planta y frontales así como simulaciones de los accesos al túnel ferroviario con las especificaciones de diseño.

Figura 40. Túnel Ferroviario y vialidades adyacentes a los portales.
Manzanillo, Colima. Portal Norte



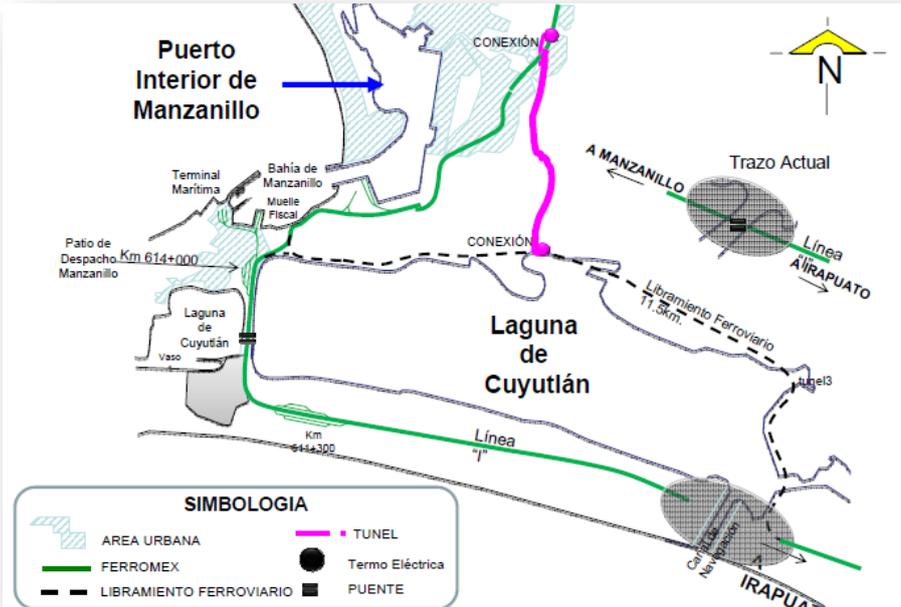
Fuente: SEGA 2010

Figura 41. Túnel Ferroviario y vialidades adyacentes a los portales.
Manzanillo, Colima. Vista frontal del Portal



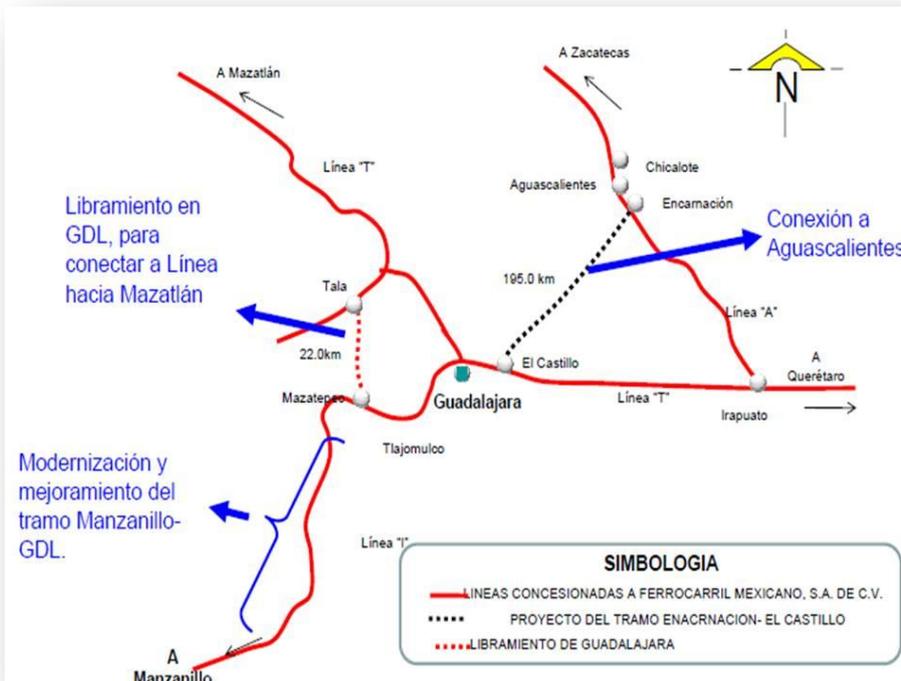
Fuente: SEGA 2010

Figura 42. Libramiento de Manzanillo y Túnel



Fuente: SCT 2009

Figura 43. Conexión del puerto al Centro y Norte del país



Fuente: SCT 2009

El objetivo de la vía es establecer la comunicación entre el sitio de entrada y salida de mercancías y la zona en la que éstas se fabrican o procesan. El intercambio eficiente de insumos es fundamental para el óptimo funcionamiento de la infraestructura instalada, el Puerto existente y la zona industrial.

Para este proyecto se requiere un tendido ferroviario que comprende dos espuelas que se conectaran en los cadenamientos 10+185.655 y 10+615.685 del proyecto autorizado en materia de Impacto Ambiental correspondiente al libramiento ferroviario denominado "Campos –Alameda - Punta Grande y ramal ferroviario por la margen Norte del Vaso II de la laguna de Coyutlán, Colima"; estas dos espuelas se unen a la vía troncal a la altura del kilómetro 0+380 dirigiéndose hacia el cerro San Pedrito bajo el cual se perforará en la roca del orden de 465 m. El túnel, incluyendo boquillas y túneles falsos mide 512.23 m de longitud. La salida es sobre la Avenida Niños Héroes conectándose con la vía actual en el cadenamiento 1+333.477.

Tabla 29. Resumen del Proyecto

Concepto	Medida
Longitud total de la vía férrea	1,655.36 m
Longitud de la vía férrea fuera del túnel (lado Coyutlán)	478.79 m
Longitud de la vía férrea fuera del túnel (lado Manzanillo)	261.05 m
Longitud de la vía sobre la laguna de Coyutlán	358.64 m
Longitud de la vía dentro del cerro mas los portales	556.88 m
Cruzamiento con Niños Héroes	0.36 Ha
Área de trabajo del portal Coyutlán	0.28 Ha
Área de trabajo del portal Manzanillo	0.27 Ha

Fuente: SEGA 2010

En el caso de la oferta, de acuerdo a la información existente del crecimiento del comercio internacional y de estudios realizados sobre la demanda de instalaciones portuarias para recepción de carga contenerizada, se ha determinado que la demanda de carga en los puertos de la Costa Oeste de América del Norte, para los próximos años, será cómo se muestra a continuación.

Tabla 30. Escenario de demanda de carga contenerizada en la costa Oeste de América del Norte (Millones de TEU´s)

2010	2015	2020	TCMA
39.5	62	97.1	10%

Fuente: Dirección General de Puertos. "Análisis Cuantitativo de los Puertos de la Costa Oeste de Norteamérica", 2006.

El puerto de Manzanillo tiene una tendencia de crecimiento de carga contenerizada que el Instituto Mexicano del Transporte calculó en 8.9% anual para el periodo 2007-2020, lo que significa pasar de 10.9 millones de toneladas en 2007 a 32 millones para el año 2020. Ante este crecimiento, el puerto de Manzanillo debe de instrumentar acciones para hacer frente a la demanda que se le presentará para los próximos años. En otras palabras, el principal puerto del país para el manejo de carga contenerizada estaría limitado para crecer al ritmo del comercio mundial a partir de 2020, aún en el caso de realizar las ampliaciones en la zona norte.

Actualmente, la oferta de infraestructura en el Pacífico Norte de nuestro continente, incluyendo puertos de la costa oeste de los Estados Unidos, es de 28 millones de teus, previéndose que se incrementará en 4.4 millones más con los proyectos de Prince Rupert, Portland, Oakland y Tacoma. Sin embargo, se estima que para 2020, la oferta llegará a 64.9 millones de teus, incluyendo las posibles ampliaciones en Lázaro Cárdenas. Lo anterior da como resultado que la insuficiencia de infraestructura portuaria se estime en aproximadamente 30 millones de teus.

Cambio Trayectoria de Ferrocarril

Esta parte del proyecto se integra por un libramiento ferroviario, el cual se describe a continuación:

- ✓ Libramiento ferroviario

El libramiento ferroviario de 11.61 km de longitud y 7.0 m de ancho, parte de un punto situado entre la autopista Armería-Manzanillo y el canal de Tepalcates, bordea el Vaso II de la Laguna de Coyutlán, hasta concluir en el extremo norte del

pedraplén de la vía actual (entrada al Patio Campos) y con la vía actual que comunica con el Puerto "San Pedrito" en Manzanillo, Colima.

El nuevo trazo estará compuesto por cuatro viaductos sobre la laguna, que sumados tendrán una longitud de 8.62 Km y 2.53 Km de una estructura a base de terracerías y materiales mejorados en tierra firme, así como un retorno carretero donde se incluyen: obras de drenaje, terracerías, pavimentos, estructuras, tierra armada y trabajos complementarios.

✓ Túnel Ferroviario

Con motivo de los compromisos contraídos con la población y el Gobierno del Estado de Colima, a fin de evitar congestionamientos vehiculares constantes por el paso de los trenes por la Zona Centro de la Ciudad de Manzanillo, en una segunda etapa se construirá el Túnel Ferroviario, conectando con el Libramiento Ferroviario de Manzanillo en los Km. "IL" 10+185.655 y en el Km. "IL" 10+615.685, así como en el Puerto de San Pedrito en la vía 314 y en la línea "IP" en el Km. 1+445.47.

El Proyecto Ejecutivo del Túnel Ferroviario en Manzanillo, Col., se concluyó el 31 de diciembre de 2010. Se tiene contemplado que la licitación y contratación de la obra del Túnel Ferroviario se lleve a cabo en el primer trimestre de 2012. La ejecución de los trabajos para la construcción del Túnel Ferroviario se prevé para el período que va del mes de julio de 2012, al mes de junio de 2014 (23 meses).

La estructura de la vía se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 31. Estructura de la vía

Estructura de la vía	
Vías	1
Escantillón	1.435
Riel	115 lb/yd
Durmiente	Concreto h=20
Balasto	Espesor 33cm No. 4
Sub-balasto	Espesor 15cm 2"
Galibo SCT	7.5

Fuente: ACB 2012

✓ Patio Tepalcates

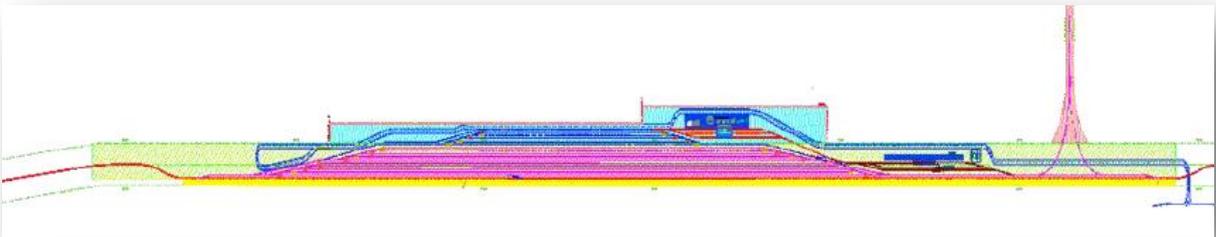
El proyecto original contemplaba la construcción del Libramiento Ferroviario con base en pedraplén, con 2 laderos y la Derivación Norte del Libramiento en "El Tajo", que conectaría con la Línea "IL" (denominación que se otorgó a la línea férrea del Libramiento Ferroviario de Manzanillo).

Sin embargo, al modificarse el procedimiento constructivo del Libramiento Ferroviario en solución de Viaducto, la construcción de los laderos resultó inviable por razones de costo y aspectos de carácter ambiental. De igual forma, se evaluó y analizó la no construcción de la Derivación Norte, al estar vinculada a la operación de los Laderos. Con el propósito de evitar mayores recorridos y que se incrementaran los costos de operación, se contempla construir un patio ferroviario acorde con la reconfiguración del nuevo corredor entre el punto conocido como "Tepalcates" y el puerto interior de Manzanillo.

En razón de lo anterior, se construiría el Patio Ferroviario en Tepalcates ubicado en los cadenamientos 594+792.43 al 598+184.10 de la línea ferroviaria denominada "I".

131

Figura 44. Vista de planta del patio Tepalcates



Fuente: ACB 2012

V. Conclusiones Generales

Retirar el paso del ferrocarril del interior de la ciudad de **Celaya** es una exigencia que ha ido en aumento por parte de la ciudadanía, por las molestias que éste provoca en su población, lo cual se refleja en la valoración de los efectos inmobiliarios y viales positivos que se tendrían con la ejecución del proyecto, en beneficio de la sociedad.

Con la ejecución del proyecto se podrán postergar o evitar futuras obras de pasos vehiculares a desnivel en varios de los puntos conflictivos de la ciudad por cruce avenidas y vías.

Actualmente existe conflicto en los puntos de cruce entre calles y vías férreas, pero se prevé que con las tendencias de crecimiento del flujo vehicular y el ferroviario, en menos de 20 años, se tenga un caos que prácticamente estrangularía la dinámica de la ciudad de Celaya, afectando gravemente toda la actividad económica y convivencia armónica en la misma.

Incluso con sensibilizaciones radicales, como no considerar el costo de permiso de paso de 83 min de KCSM, la reducción de la tasa de crecimiento de la carga ferroviaria a cero o un castigo de hasta un 75% del beneficio por mejorar el tiempo de traslado de la carga, aún el proyecto continúa siendo socialmente rentable.

La construcción del acortamiento ferroviario **“Encarnación-El Castillo”** reducirá la distancia actual entre varias estaciones del Estado de Jalisco, la más representativa es la distancia ferroviaria entre las estaciones del Proyecto que es aproximadamente de 486.5 km. Con la implementación del proyecto, se espera que esta distancia se reduzca a 195 km. Asimismo, se reducirá el tiempo de recorrido hacia los Estados de Guanajuato, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas con el Puerto de Manzanillo.

Uno de los aspectos que permite la mejora del Sistema Ferroviario, consiste en la reducción de los tiempos de recorrido ferroviario para optimizar las operaciones y con ello disminuir los costos de operación, detonando consecuentemente tanto la competitividad como la eficiencia en el Ferrocarril. Sin duda, el proyecto presentado contribuye a la mejora del servicio ferroviario que generará un derrame económico para el país y la zona de proyecto.

En este sentido, se concibe el proyecto “Construcción del acortamiento ferroviario Encarnación-El Castillo” en el Estado de Jalisco, como un proyecto de integración regional que a corto plazo beneficiará la operación ferroviaria y a mediano plazo la economía de los Estados involucrados.

La participación de la Industria manufacturera en la economía de la región que se estudia es importante, por lo que el proyecto representaría un detonante en el desarrollo económico incrementando de la competitividad de la región.

De acuerdo al proyecto **“Reubicación del Patio y Libramiento Ferroviario de Morelia, Michoacán”** se concluye lo siguiente:

Eliminar el paso de los trenes por el centro de la zona urbana de Morelia, ha sido una demanda ciudadana que ha ido en aumento, debido a las molestias que sufren los habitantes, y particularmente aquellos predios cercanos a la vía férrea, lo cual se ve reflejado en las pérdidas de horas – hombre que genera a la población, esto repercute en la valoración del ahorro en tiempos de viaje y ahorros en costos de operación vehicular.

El proyecto tendrá un buen recibimiento y aceptación por parte de la ciudadanía, que constantemente refleja su descontento por la situación actual.

Actualmente se observan conflictos puntuales en los cruces a nivel entre vialidades y el corredor ferroviario, sin embargo si no se toman cartas en el asunto para ofrecer una solución a todos los involucrados, en un futuro, el aumento en el parque vehicular, y la población generarán mayores conflictos de convivencia urbano ferroviaria, que representará importantes pérdidas para la ciudadanía, en tiempo y oportunidades de desarrollo, así como una disminución de la competitividad del corredor ferroviario y multimodal, que requiere de una línea férrea de altas especificaciones, que ofrezca a los usuarios finales, el movimiento eficiente, rápido y seguro de todo tipo de carga, sin representar un riesgo para la sociedad.

Los beneficios a la sociedad son la disminución de las demoras inducidas a los usuarios del 700% en hora pico, ahorros del 23% en los costos de operación vehicular, y un aumento general de la velocidad de circulación del 20%, considerando que se reducirán los tiempos y consumos por la acción de avanzar y frenar, y será posible mantener velocidades sostenidas, lo que incrementa considerablemente los niveles de servicio de las vialidades que hoy en día se ven afectadas por la operación del ferrocarril. Estos beneficios se reflejarán en los 218,310 viajes al día que utilizan el corredor para trasladarse entre un origen y un destino en un día típico en Morelia durante la venta de operación del ferrocarril, y

que tienen una ocupación promedio de 1.5 pasajeros por unidad y que se verán directamente beneficiados por el proyecto.

Adicionalmente se eliminarán los riesgos y costos sociales relacionados con incidentes, vandalismo, molestias por ruido y vibración, así como riesgos por descarrilamiento y el paso de materiales peligrosos por el centro de la zona urbana de Morelia.

El proyecto evitará la circulación de los trenes por la zona urbana de Morelia, lo que genera beneficios al operador por menores costos de operación y mantenimiento al disminuir la longitud de la vía en un 12%.

El proyecto **“Reubicación de patio y libramiento ferroviario de Manzanillo”**, es un proyecto que logrará mejoras sustanciales en la convivencia urbano – ferroviario, Permitirá mejorar la comunicación en el corredor que conecta uno de los principales puertos del Pacífico con el Golfo, y la frontera norte del país, lo que se traduce en mayor competitividad del corredor y por lo tanto de la zona de influencia.

Con el Desvío Ferroviario Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, municipio de Manzanillo, en el estado de Colima, se beneficiará a más de 136 mil habitantes.

En la obra se construyen tres viaductos elevados, dentro de la zona de la laguna y zona sub-urbana de la colonia Punta Grande y cuenta con un sistema constructivo a base de concreto armado y está constituido con apoyos cada 28 metros, los cuales tienen cuatro, sobre los que se apoyan las columnas, cabezales, travesaños, topes, bancos y posteriormente trabes y losas que soportan la vía férrea. El Desvío Ferroviario Vaso II de la Laguna de Cuyutlán tiene una longitud de 12.7 kilómetros.

El Desvío Ferroviario es un proyecto asociado a la terminal regasificadora y permitirá sustituir el combustóleo utilizado en la planta termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad por gas natural, reduciendo la contaminación provocada por la planta generadora, con lo que se mejorará el aspecto del puerto de Manzanillo y beneficiará al sector turístico.

Los libramientos ferroviarios, generarán múltiples beneficios de movilidad para las personas y una mayor eficiencia en el traslado de mercancías.

Hoy el promedio de velocidad que tienen nuestros ferrocarriles es de 24 kilómetros por hora y uno de los objetivos de estos proyectos es aumentar la velocidad promedio a 40 kilómetros por hora.

Estamos hablando de más o menos 160 kilómetros de vías nuevas para rodear las ciudades más urgentes y una inversión estimada de 8 mil 300 millones de pesos, los cuales tendrían una incidencia muy importante sobre la eficiencia logística del país.

Los libramientos ferroviarios, a parte de los ya mencionados en el presente trabajo, así como el de otras ciudades tales como Córdoba, Tepic y Culiacán tendrían otros beneficios más allá del puramente logístico para mejorar la convivencia con las zonas urbanas.

Entre ellos destacan el mejoramiento del tráfico urbano, con la consecuente reducción de los tiempos de traslado y de emisiones de CO₂ a la atmósfera por la reducción de los congestionamientos provocados por movimientos de los ferrocarriles, la disminución de accidentes por la circulación del tren en zonas de alto tráfico o el descenso de los robos a las mercancías del tren que se dan en zonas urbanas aprovechando la baja velocidad del tren para abordarlo, conformar un sistema más seguro, competitivo, moderno y eficiente. Además de la liberación del derecho de vía que puede ser utilizado para el desarrollo, en aquellas ciudades donde se justifique, de sistemas de ferrocarriles de pasajeros que coadyuven al mejoramiento de la movilidad de personas en las ciudades, entre otros beneficios.

Se tendrá una mayor influencia sobre los beneficios repercutidos al servicio ferroviario, de ahí el interés que como país debemos tener en su desarrollo para aumentar también el rol logístico que tiene un medio más eficiente en el movimiento terrestre de mercancías como lo es el ferrocarril, el cual, también es deseable que pase de mover el 20% de las mercancías al doble.

Conclusiones Personales

En cuanto al transporte ferroviario, es necesario ampliar la infraestructura y la cobertura de los servicios de comunicaciones, tanto nacional como regional, con el fin de que exista una mejor movilización de mercancías dentro y fuera del país.

Se debe pensar en ampliar el sistema de transporte ferroviario modernizando su infraestructura y proporcionando servicios confiables de alta calidad a los usuarios. Asimismo se debe promover la modernización y el mantenimiento adecuado de las vías férreas, el mejoramiento de las condiciones físicas de los patios, el incremento en la capacidad de carga de los puentes, la convivencia urbano-ferroviaria y la construcción de instalaciones para el transporte intermodal. Para esto se requiere fomentar la sana convivencia entre ciudades y ferrocarriles.

Es necesario promover la estructura radial del Sistema Ferroviario Nacional por una de red, así se mejorará la conectividad de dicho sistema. Al desarrollar corredores multimodales se hará más eficiente el transporte de mercancías, especialmente los que unen a los puertos del Pacífico con los del Atlántico y con las fronteras. Se requiere atender los problemas de interconexión en puertos, fronteras y zonas metropolitanas, se enfatiza que se tiene que mejorar la convivencia del ferrocarril con las zonas urbanas.

El ampliar y mejorar la red ferroviaria debe ser contemplada entre los proyectos de desarrollo del país. Si estas acciones se llevan a cabo, México se situaría entre uno de los países competitivos de infraestructura.

Actualmente, las empresas ferroviarias se dedican únicamente al transporte de carga y solamente en contados casos, corren ferrocarriles de pasajeros en algunas partes del país. En el caso de San Luis Potosí, estos últimos han sido suprimidos, sin embargo, como sucede también en otras ciudades del centro de México -como Aguascalientes-, la población se encuentra aun íntimamente ligada al ferrocarril, cuyo arribo en el siglo XIX, inició una manera distinta de usar el tiempo: la de los viajes y

la espera; mientras la estación se convertía en un espacio del tiempo individual y colectivo.

Dado que la infraestructura ferroviaria no ha crecido desde su privatización, mientras que la carga transportada sí lo ha hecho, es posible que en los próximos años se genere saturación del servicio en diversos puntos, lo que podría desacelerar o detener el crecimiento de la carga transportada, en favor de otros modos de transporte, como el carretero, que año con año renueva su infraestructura o añade elementos a la existente.

Es decir, el transporte ferroviario puede seguir creciendo en el mercado interno, pero ver detenida esa tendencia al encontrarse con infraestructura saturada o dedicada al mercado internacional.

Asimismo, el comercio exterior vía ferrocarriles está muy desequilibrado hacia las importaciones, lo cual implica que hay ferrocarriles que llegan cargados a México, pero regresan vacíos a Estados Unidos. Si bien este fenómeno se puede disminuir, mediante una buena organización logística, significan costos de oportunidad que deben reducirse para hacer eficiente el sistema ferroviario del país.

Además, hay que considerar la intención del gobierno federal de impulsar el transporte de trenes de pasajeros en las rutas México-Querétaro y México-Toluca y en el sistema transpeninsular Yucatán-Quintana Roo. El proyecto puede tener complicaciones de implementación, pues los ferrocarriles de carga y de pasajeros tienen velocidades diferentes que los hacen incompatibles para compartir vías.

Por ello, es muy probable que se requiera construir nueva infraestructura para el transporte de pasajeros.

Las perspectivas a futuro parecen positivas para el transporte de carga en ferrocarril. Si se desea que continúe su evolución, se requerirá una mayor inversión en infraestructura ferroviaria y eliminar todas las barreras que dificulten utilizar este medio de transporte.

Camacho Ledesma María Eugenia

Los tiempos van cambiando, esto va beneficiando a la sociedad con cada uno de los cambios que suceden en nuestro entorno, así es como sucedió con nuestro ferrocarriles siendo al principio los rieles de un material y después cambiaron para mejorar en todos los aspectos, por otro lado aunque esto no sea de la preferencia de muchos sigue vigente en el mercado, con estos cambios que ocurren día a día se mejoraron las vías y así se realizaron nuevos proyectos para poder tener más líneas de recorrido.

El ferrocarril fue muy importante para algunas épocas como la revolución y se vuelve también muy importante para algunos mercados, como se sabe en el mercado de transportes de pasajeros disminuyo, debido a varios factores entre ellos el tiempo y la entrada de nuevas vías alternas, como las nuevas autopistas que día a día se tienen más que van mejorando los tiempos y acortando las distancias.

Otro medio que desplazo al ferrocarril también son los aviones, que también mejoran de manera considerable los tiempos de recorrido, no solo para los pasajeros si también para el transporte de carga, este medio es mucho más rápido, todos estas medios de transporte de alguna u otra manera han permitido el avance de la sociedad y el crecimiento de nuestro país, pero en especial el ferrocarril ha sido de manera muy importante para nuestro México ya que desde la revolución se ha visto muy involucrado ya que permitió que a nuestro país se importara y exportara mercancía .

Por otro lado es importante que todas nuestras instalaciones tengan los espacios necesarios, que sean conforme se tiene planteadas, teniendo cuidado de cumplir con las medidas necesarias de cada uno de nuestros elementos para evitar algún tipo de incidente, teniendo en cuenta que después de cierto tiempo siempre se le debe de dar mantenimiento a cada elemento, como ver que los durmientes se encuentren en buen estado, que el riel no se encuentre tan desgastado para que no provoque ningún accidente o bien provoque algún volteo, que esto dentro de ser un beneficio para el transporte se convierta en pérdidas para el país o para el mismo ferrocarril, que las placas así como los durmientes se encuentren bien sujetos, debemos de tomar en cuenta que el tiempo de vida que tiene cada uno de los

carros, para evitar riesgos, los tiempos así como las capacidades que tienen cada uno de los carros, son importantes para poder seguir transportando la mercancía que se requiera llevar a cualquier destino, como bien sabemos se tienen distintas cajas las cuales no todas transportan lo mismo y estas también se deben de tener en buen estado.

Todo esto beneficia de gran manera a todos no solo en un ámbito si no en varios, claro que habla muy bien de nuestro transporte, así se pueden lograr tener más clientes para poder transportar cualquier tipo de mercancía dentro y fuera del país.

Lo anterior lleva a que uno de los beneficios en la actualidad sean los nuevos corredores multimodales que gracias a esto, se tiene menos tiempo de recorrido y de esfuerzo aplicado a la máquina del ferrocarril debido al peso de lo transportado, esto se reduce y se transporta por algún otro medio alternativo como puede ser por vía terrestre, o bien marítimo, todo esto se incrementó de manera considerable, el transporte y el volumen de ello, teniendo una mejora económica y con eso un crecimiento en el medio, teniendo como gran objetivo que siga creciendo aún más.

Con las nuevas líneas que se tienen se pretenden evita accidentes dentro de las zonas urbanas, rapiñas, cualquier tipo de accidentes establecer comunicación entre varios puntos para poder pasar mercancía de un lado a otro mejorando la conectividad, se necesita crecer y mejorar el servicio y los servicios que se prestan para poder seguir avanzando ya que algunos incluso desconocen que aún se usa este medio para transportar alimentos, vestimenta, y algunos otros recursos que nos son útiles o necesarios.

Rico Nieto Talía Eunice

Bibliografía

1. Gloria M. Delgado. El Mundo moderno y contemporánea. Cuarta edición, 1999
Editorial Pearson Vol. I
2. Francisco M. Togno. Ferrocarriles. Segunda edición 1982
3. Francisco Javier Gorostiza. Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga. AMF. 1er edición 2011
4. Skempton, A.W. (2002). A biographical dictionary of civil engineers in Great Britain and Ireland, John Birkinshaw. pp. 59–60.
5. Tokle, Bjørn (2003) (en Norwegian). Communication gjennom 100 år. Meldal: Chr. Salvesen & Chr. Thams's Communications Aktieselskab. p. 54.

Referencias

1. "Der Reiszug - Parte 1 - Presentación". Funimag. Febrero de 2012.
2. Coalbrookdale Railways (pt 1). Encyclopedia Britannica. 1902. ISBN 187252463X. Consultado febrero de 2012.
3. Delgado, Gloria M. El mundo moderno y contemporáneo, 1999. Vol. 1.
4. Documento Costo-Beneficio del Libramiento de Manzanillo
5. Documento Costo-Beneficio del Libramiento ferroviario Celaya
6. Documento Costo-Beneficio del Libramiento ferroviario Guadalajara – Aguascalientes
7. Documento Costo-Beneficio del Libramiento ferroviario y nuevo patio de Morelia
8. Documento Georgius Agricola (1913). De re metallica. ISBN 0486600068. Consultado en febrero de 2012
9. Early Railways. Stephenson Locomotive Society. Consultado marzo 2012.
10. Estudio Inmobiliario de Celaya

11. Gordon, William (1910). «The Underground Electric». Our Home Railways. 2. p. 156
12. Historia mundial del ferrocarril. Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993--2006 Microsoft
13. Kriechbaum, Reinhard. "Die große Reise auf den Berg", der Tagespost.
14. Locomotoras de Guerra. Revista digital FORO Segunda Guerra Mundial.
15. Marshall, John (1979). The Guinness Book of Rail Facts & Feats
16. Mirada Ferroviaria núm. 2. Boletín documental, 3ra época. El Futuro de la fuerza motriz en los ferrocarriles Mexicanos. Ricardo F. Hernández Lecanda.
17. Modern Steam Locomotive Developments. (En inglés) - Consultado enero 2013
18. Morlok, Edward K. "First permanent railroad in the U.S. and its connection to the University of Pennsylvania". Consultado febrero de 2012.
19. SCT. PNI 2013-2018 "Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones". Consultado 5 de Noviembre de 2013
20. Vaughan, A. (1997). Railwaymen, Politics and Money.
21. Whitehouse, Patrick and Snell, John B. (1984). Narrow Gauge Railways of the British Isles.

Documentos PDF consultados

1. Asociación Mexicana de Ferrocarriles. Expo-Rail México 2010. Proyectos de Desarrollo Ferroviario de Carga y Pasajeros. PDF enero 2010. Consultado mayo 2012.
2. Aspectos Generales del Sector Ferroviario. PDF septiembre 2009. Consultado abril 2012.
3. Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal. Anuario Estadístico Ferroviario 2011. PDF. Consultado marzo 2012.
4. Documento PDF Obtenido de la página Korea train eXpress. Transportation Revolution, the Korean High-Speed Railway. Consultado septiembre 2013.
5. Lewis, M. J. T. "Railways in the Greek and Roman World". PDF. Consultado el 24 de febrero de 2012.

6. Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga. Documento informativo. PDF. Consultado febrero 2013.
7. SCT. Dirección General de Planeación. Anuario Estadístico 2011. PDF. Consultado abril 2012.

Páginas de Internet consultadas

1. Historia del ferrocarril en México <http://www.stfrm.org.mx/>
2. <http://www.amcham.org.mx/Transporte-Mensajeria-y-Almacenaje/KANSAS-CITY-SOUTHERN-DE-M%C3%89XICO-2833>
3. <http://www.ferrovalle.com.mx/>
4. <http://www.ferromex.com.mx/>
5. <http://www.forosegundaguerra.com/>
6. <http://www.mexicodesconocido.com.mx/red-ferroviaria.html>
7. <http://times.hankooki.com/lpage/200512/kt2005122217070710220.htm>
8. <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/ProgramaNacional/pni.pdf>
9. <http://www.shcp.gob.mx/>
10. <http://www.slideshare.net/kininin/vias-de-tren>
11. http://www.t21.com.mx/news/news_display.php?story_id=15919

Presentaciones en Power Point

1. Ferrocarriles en México. Presentación pptx de la clase de ferrocarriles del Ing. Alejandro Álvarez Reyes Retana, semestre 2013-1
2. Fuerza Motriz. Presentación pptx de la clase de ferrocarriles del Ing. Alejandro Álvarez Reyes Retana, semestre 2013-1
3. Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga. Ing. Francisco J. Gorostiza.
4. Material Rodante. Presentación pptx de la clase de ferrocarriles del Ing. Alejandro Álvarez Reyes Retana, semestre 2013-1

Conferencias

1. Transporte de mercancías e intermodalidad. Congreso Mundial de Carreteras septiembre de 2011. Ponente; Isaak Franklin, director general del Ferrocarril y Terminal del Valle de México (Ferrovalle).
2. Realidades y Perspectivas de los Ferrocarriles en México. Ciclo de Conferencias en la Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria. Ponente; Ing. Alejandro Álvarez Retana.