

**“RECONSTRUCCION DE LA LINEA FERREA EN EL SECTOR
LA LOMA – PUERTO DRUMMOND”**

FERNANDO ALI HUERTAS BEDOYA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESPECIALIZACION EN VIAS TERRESTRES
BUCARAMANGA
2015**

**“RECONSTRUCCION DE LA LINEA FERREA EN EL SECTOR
LA LOMA – PUERTO DRUMMOND”**

**FERNANDO ALI HUERTAS BEDOYA
ID: 255543**

**Informe Final Monografía presentado
Como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN VIAS TERRESTRES**

Directora
NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS
Magister. Ingeniería de Vías Terrestres

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESPECIALIZACION EN VIAS TERRESTRES
BUCARAMANGA
2015**

NOTA DE ACEPTACION

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Mayo de 2015

Dedicado a:

A mi padre que siempre confió en mí y quiso las mejores cosas para sus hijos.

A mi madre y a mis hermanas por su afecto y respaldo incondicional.

A mi esposa y mis hijas que son el eje y la inspiración en todos mis actos, por confiar en mí, por su paciencia y por brindarme a su manera, el cariño y el apoyo para cumplir la mayoría de mis metas.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCION	20
1. ANTECEDENTES	21
1.1 RESEÑA HISTORICA	21
1.2 CONCESIONES EN LINEAS FERREAS	25
2. IDENTIFICACION	29
2.1 TITULO	29
2.2 OBJETIVOS	29
2.2.1 Objetivo General	29
2.2.2 Objetivos Específicos	29
3. CONTEXTO TEORICO	30
3.1 CONCEPTOS BASICOS	30
3.2 DESCRIPCION DE LA RED FERREA NACIONAL	32
3.3 DESCRIPCION CASO DE INVESTIGACION	35
4. CONSTRUCCION DE LA PRIMERA LINEA NUEVA	36
4.1 DESCRIPCION DETALLADA	38
4.1.1 Infraestructura	38
4.1.2 Superestructura	42

5. CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA LINEA NUEVA	70
5.1 DESCRIPCION CONCESION DE LA RED FERREA DEL ATLANTICO	70
5.2 DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	77
6. TECNOLOGIAS PARA EL CONTROL DE TRAFICO FERREO	81
6.1 PRIMERA LINEA NUEVA	81
6.2 SEGUNDA LINEA NUEVA	92
7. COMPARACION ENTRE LINEA ANTIGUA Y LINEA REHABILITADA	94
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	100

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estado de las vías férreas colombianas	34
Figura 2. Localización del proyecto de reconstrucción de la vía férrea entre La Loma (Cesar) y Puerto Drummond (Magdalena)	35
Figura 3. Sección típica en línea única y en línea con apartadero del proyecto	37
Figura 4. Traviesa de concreto tipo monoblock utilizadas en el proyecto	44
Figura 5. Sección de riel de 90 lbs/ yda (90-lb A.R.A.-A.).	50
Figura 6. Esquema del cambiavías No 12	56
Figura 7. Esquema del cambiavías No 9	56
Figura 8. Esquema de las juntas deslizantes	57
Figura 9. Esquema de la fijación Deenik y su colocación	58
Figura 10. Tirafondos utilizados en el proyecto	58
Figura 11. Esquema del sistema para unión de rieles con soldadura aluminotérmica	59
Figura 12. Eclisas usadas en el proyecto	66
Figura 13. Placas de asiento colocadas en las traviesas de madera	66
Figura 14. Esquema del chequeo de geometría de la vía férrea con la información inscrita en los piquetes	67
Figura 15. Localización del tramo concesionado entre Chiriguaná (Cesar) y Santa Marta (Magdalena)	73
Figura 16. Esquema del avance de las obras	74
Figura 17. Esquema de los tramos de segunda línea	75
Figura 18. Sección de riel de 115 lbs/ yda (115-lb A.R.A.-A.)	78
Figura 19. Componentes del sistema de Telecomunicaciones, Control y Señalización	82
Figura 20. Componentes del sistema de Operación de Trenes - ITCS	92

LISTA DE IMAGENES

	pág.
Imagen 1. . Estado inicial de la línea a rehabilitar	34
Imagen 2. Estado inicial de la línea a rehabilitar	34
Imagen 3. Trabajos de descapote y retiro de material vegetal	39
Imagen 4. Reemplazo de tubería	39
Imagen 5. Céreo del terraplén	40
Imagen 6. Céreo del subbalasto	40
Imagen 7. Pontones (L=5 m)	41
Imagen 8. Puentes (L=30 m)	41
Imagen 9. Contrarrieles en los puentes	41
Imagen 10. Cercas de concreto, de madera y cercas vivas.	41
Imagen 11. Limpieza de formaletas	45
Imagen 12. Colocación de hombros y platinas separadoras	45
Imagen 13. Extendido del alambre	45
Imagen 14. Tensionamiento del alambre	45
Imagen 15. Colocación de platinas separadoras	45
Imagen 16. Acopio de agregados pétreos	45
Imagen 17. Descarga del concreto de las traviesas	46
Imagen 18. Vibración del concreto de las traviesas	46
Imagen 19. Liberación de hombros embebidos en la traviesa	46
Imagen 20. Retiro de platinas separadoras	46
Imagen 21. Colocación de carpa para curado a vapor	46
Imagen 22. Ciclo de curado al vapor	46
Imagen 23. Retiro de la carpa de curado	47
Imagen 24. Corte de alambres	47
Imagen 25. Desmoldeo de las traviesas	47

Imagen 26. Identificación en bajo relieve de cada traviesa	47
Imagen 27. Sistema de codificación	47
Imagen 28. Control de calidad	47
Imagen 29. Ensayo dimensional de trocha	48
Imagen 30. Ensayo dimensional de asiento de riel	48
Imagen 31. Ensayo dimensional del hombro embebido	48
Imagen 32. Ensayo especial con traviesas	48
Imagen 33. Ensayo especial de anclaje de los alambres	48
Imagen 34. Ensayo especial con traviesas	48
Imagen 35. Pruebas de Dureza Brinell en los rieles	49
Imagen 36. Rieles de 90 lbs/ yda	49
Imagen 37. Acopio de traviesas	51
Imagen 38. Cargue de rieles	51
Imagen 39. Molde para armado de las escaleras	51
Imagen 40. Colocación de las fijaciones	51
Imagen 41. Retiro del tramo premontado	52
Imagen 42. Desmonte de escaleras de la plataforma	53
Imagen 43. Acopio de escaleras en vía	53
Imagen 44. Tendido de escaleras	53
Imagen 45. Colocación de Bridas Robel	53
Imagen 46. Centrado de escaleras	53
Imagen 47. Tendido de línea lista para riego de balasto	53
Imagen 48. Trituradora de la cantera Ley de Dios (Cesar)	54
Imagen 49. Producción de subbalasto	54
Imagen 50. Producción de balasto	55
Imagen 51. Riego de balasto	55
Imagen 52. Alineación previa de los rieles	60
Imagen 53. Corte de riel para obtener la cala	60
Imagen 54. Chequeo de la cala	60
Imagen 55. Colocación del soporte universal	60

Imagen 56. Detalle del crisol, el molde y los soportes	61
Imagen 57. Encendido de la carga	61
Imagen 58. Vaciado de la soldadura en los moldes	62
Imagen 59. Retiro de los soportes	62
Imagen 60. Soldadura con los excesos de colada	62
Imagen 61. Colocación de la desbarbadora hidráulica	62
Imagen 62. Soldadura en enfriamiento	63
Imagen 63. Esmeriladora para acabado final de soldadura	63
Imagen 64. Perfilado inicial del balasto	64
Imagen 65. Bateado de la línea	64
Imagen 66. Regulación y limpieza del excedente de balasto	64
Imagen 67. Limpieza del excedente de balasto zona de riel	64
Imagen 68. Bateadora de mira óptica	65
Imagen 69. Bateadora de mira láser	65
Imagen 70. Piquetes de referencia	68
Imagen 71. Postes kilométricos	68
Imagen 72. Paso a nivel empotrado en losa de concreto	69
Imagen 73. Paso a nivel elaborado con contraríeles	69
Imagen 74. Resultado final de recuperación de vía férrea	69
Imagen 75. Circulación de trenes sobre vía rehabilitada	69
Imagen 76. Inicio de la construcción de la 2ª línea	79
Imagen 77. Trabajos de explanación	79
Imagen 78. Compactación del material del terraplén	79
Imagen 79. Tendido de las escaleras	79
Imagen 80. Montaje de los equipos para la unión de los rieles	79
Imagen 81. Vaciado de la soldadura aluminotérmica en los moldes	79
Imagen 82. Alcantarillas ampliadas con la construcción de la nueva línea	80
Imagen 83. Posicionadora centrando las escaleras	80
Imagen 84. Bateadora vibrando balasto bajo las traviesas	80
Imagen 85. Las 2 líneas nuevas en funcionamiento en el sector de Ciénaga	80

Imagen 86. Puente peatonal y de vehículos de 2 ruedas	80
Imagen 87. Tránsito de tren de la Drummond circulando sobre línea nueva	80
Imagen 88. Caseta nueva para acceso de trenes a Pto Drummond	84
Imagen 89. Pantalla 1 del Centro de Control	86
Imagen 90. Pantalla 2 del Centro de Control	86
Imagen 91. Pantalla 3 del Centro de Control	86
Imagen 92. Detector de punta de agujas	88
Imagen 93. Sensores pasivos (balizas)	88
Imagen 94. Gabinetes de control ubicados en zonas de apartaderos	93
Imagen 95. Gabinetes de control ubicados en zonas de estaciones	93
Imagen 96. Cambiavías utilizado en línea vieja	96
Imagen 97. Cambiavías utilizado en línea rehabilitada	96
Imagen 98. Sistema para cambio de vía utilizado en línea vieja	96
Imagen 99. Sistema para cambio de vía utilizado en línea rehabilitada	96
Imagen 100. Mecanismo de cambiavías utilizado en línea vieja	97
Imagen 101. Mecanismo de cambiavías utilizado en línea rehabilitada	97
Imagen 102. Tren de Drummond en sector con las 2 vías nuevas	97

GLOSARIO

ALINEACIÓN: tiene por fin corregir las irregularidades del trazado en planta de la vía. Consiste en colocar la fila del riel mas cerca de las referencias a una distancia determinada de dichas referencias.

ALMOHADILLAS: placas de Lupolen que se usan entre el riel y las traviesas de concreto para minimizar la abrasión de la traviesa en el área de asiento de riel y reducir los efectos de vibración e impacto sobre la estructura de la vía.

APARTADEROS: son las mismas líneas segundas.

BALASTO: material granular sobre el que se asientan las traviesas.

BARRA ELEMENTAL: riel sin ninguna soldadura o corte obtenida en fábrica o acería. Normalmente tiene una longitud de 12 a 18 m.

BARRA LARGA PROVISIONAL: es la barra formada por barras elementales soldadas, una vez instaladas en la vía sin neutralizar.

BATEO: acción de colocar y compactar por vibración mecánica el balasto debajo de las traviesas.

CALA: separación necesaria entre los extremos de los riles para unirlos por medio de soldadura aluminotérmica.

CAMBIAVÍAS: aparatos de vía que tiene por objeto realizar el desdoblamiento o el cruce de las vías (desvío de la circulación hacia una vía determinada).

CARGA ALUMINOTERMICA: preparado granular formado por aluminio, óxido de hierro y algunos aditivos que, al reaccionar por ignición, constituye el metal de aportación para la formación de la soldadura aluminotérmica.

CLIP: son las mismas sujeciones Deenik.

CONTRARÍELES: rieles colocados en la parte interna y externa de la trocha cuya finalidad es evitar el volcamiento de los vehículos férreos y daños a las estructuras de los puentes y los pasos a nivel.

CUPON: trozos de riel de longitud inferior y obtenido por corte de las barras elementales.

ESCALERA: tramo de vía férrea (traviesas, riles, fijaciones) premontados en planta

GÓNDOLAS: equipo rodante utilizado para cargue de material (terraplén, subbalasto, balasto).

INFRAESTRUCTURA: es la parte que da origen a la línea, con sus cortes y terraplenes, con los viaductos, puentes, pontones, tajeas y alcantarillas, con los túneles y en general, con todas las obras de explanación y obras de arte necesarias para el establecimiento de la superficie sobre la que se asienta la vía.

LARGA BARRA SOLDADA: unión por soldadura en el campo de varios rieles de longitud suministrada.

LINEAS SEGUNDAS: líneas férreas paralelas a la vía principal cuya finalidad es la de realizar los cruzamientos de los trenes que transitan en ambas direcciones.
(llámense también patios o apartaderos).

LINEAS TERCERAS: apartaderos adicionales cuyo fin es permitir el cargue y descargue de vehículos, almacenar el equipo en mal estado o el equipo de mantenimiento de vía.

NIVELACION LONGITUDINAL: parámetro que define la cota de la superficie de rodadura de un riel de la vía, referida a un plano de comparación.

NIVELACION TRANSVERSAL (PERALTE): es la diferencia de cota existente entre las superficies de rodadura de los dos rieles de una vía en una sección normal al eje de ésta.

NÚCLEO: parte principal del terraplén, entre el cimientado y la corona.

PATIOS: son los mismos apartaderos.

PERFILADO: acción de dotar a la capa de balasto del perfil teórico de la banca.

PIQUETES: rieles hincados al lado de la vía férrea cuya finalidad es el control geométrico de la misma.

PLATAFORMAS: equipo rodante sin motricidad cuya finalidad es permitir el cargue de diferentes elementos sobre la línea férrea.

RASANTE: alineación vertical que define, en alzado, el trazado de una línea ferroviaria. La rasante en ferrocarriles es la superficie de rodadura del riel en tangente, en curva es la superficie de rodadura del riel interior de la curva.

RIEL: perfil laminado de acero, de longitud normalizada, que se utiliza como elemento sustentador del material rodante, que se ha adoptado de acuerdo con su centro de gravedad y al momento de inercia, para resistir las cargas transmitidas con el paso de los trenes.

SANGRIA: vaciado de la soldadura en estado líquido.

SUBBALASTO: material constituido por suelos granulares, por lo general arenas y gravas, procedentes de rocas alteradas, casi siempre sin ningún tratamiento para su utilización, cuyas funciones son transmitir las cargas a la plataforma y mejorar la capacidad de soporte de la subrasante.

SUJECIÓN DEENIK: elemento metálico cuya finalidad es fijar por presión el riel a la traviesa.

SUPERESTRUCTURA: parte de la vía férrea localizada encima del terraplén constituida por una serie de materiales y elementos que colocados ordenada y técnicamente nos permiten obtener una superficie apta para la circulación de los trenes.

TERRAPLEN: macizo de tierra con el que se constituye la plataforma al rellenar una vaguada. Consta de CIMIENTO, NÚCLEO Y CORONA.

TRAVIESAS: son el elemento estructural de la vía, sobre las cuales están apoyados los rieles. Se sitúan en dirección transversal al eje de la vía y constituyen, a través de la fijación, el elemento de unión entre el riel y el balasto. Sus funciones son el control de la trocha y la transmisión de las cargas del riel al balasto.

TROCHA: es la distancia existente entre las caras activas de las cabezas de los rieles de la vía, medida a 14 mm por debajo de su superficie de rodadura.

TRUQUE: conjunto de ruedas metálicas localizadas al inicio y al final de los vehículos movilizadas sobre líneas férreas

VIA SIN JUNTA: vía cuyas barras largas han sido soldadas para formar barras largas, que no deben experimentar ningún movimiento provocado por los cambios de temperatura excepto en las zonas de “respiración”.

ZONA DE RESPIRACIÓN: tramo de barra larga, a su principio y a su final, que puede experimentar movimientos de dilatación debido a cambios de temperatura del riel.

90 LB/YD: peso (90 lb) por unidad de longitud (yd) de riel (clasificación Americana)

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: RECONSTRUCCION DE LA LINEA FERREA EN EL SECTOR LA LOMA
– PUERTO DRUMMOND

AUTOR(ES): FERNANDO ALI HUERTAS BEDOYA

FACULTAD: Esp. En Vías Terrestres

DIRECTOR(A): NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS

RESUMEN

En el marco del contrato operacional para transporte privado de la empresa Drummond, se adelantan las obras para la construcción de la doble línea férrea del tramo La Loma (Cesar) – Puerto Drummond (puerto oceánico de aguas profundas en el mar Caribe ubicado en el municipio de Ciénaga) para el transporte de carbón térmico. En el presente trabajo se relacionan las metodologías y técnicas utilizadas en la rehabilitación y mejora de este sector de vía férrea, describiendo los cambios hechos en materiales, procesos constructivos y nuevas tecnologías de control de tráfico férreo, los diferentes escenarios de contratación en los que se ha desarrollado la construcción y los objetivos alcanzados a nivel de mayor velocidad de operación, volumen de carga transportada, seguridad y confiabilidad.

Palabras Claves: Construcción, Línea Férrea, Riel, Concesión, Tráfico.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: RECONSTRUCTION OF THE RAILWAY LINE IN THE SECTOR LA LOMA
– PUERTO DRUMMOND

AUTHOR(S): FERNANDO ALI HUERTAS BEDOYA

FACULTY: Esp. En Vías Terrestres

DIRECTOR: NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS

ABSTRACT

Under the operating contract for private transport company Drummond, the works are ahead for the construction of the double railway line of the La Loma (Cesar) - Puerto Drummond (deepwater ocean port on the Caribbean Sea located in the municipality of Ciénaga) for transporting thermal coal. In the present work we relate the methodologies and techniques used in rehabilitation and improvement they relate this sector of track, describing the changes made to materials, construction processes and new technologies for rail traffic control, the different procurement scenarios that have been developed construction and the objectives achieved at the level of higher speed operation, volume of freight transported, safety and reliability.

Keywords: Construction, Railway Line, Rail, Concession, Traffic.

INTRODUCCION

Los aspectos fundamentales que determinan la necesidad de los planes y políticas de recuperación de la línea férrea son: La limitación de las velocidades de operación y la reducción de la eficiencia del modo debido al alto número de interrupciones que se generan en la prestación del servicio por la ocurrencia de novedades (descarrilamientos y otros).

Los ineficientes niveles de velocidad, así como la baja confiabilidad del modo, no permiten que se presente el número de operaciones necesarias para contrarrestar los altos costos fijos en los cuales incurre el sistema férreo, por lo que éste no es lo suficientemente competitivo frente a otros modos de transporte.

Conocer algunos de los proyectos realizados por el Gobierno mediante los diferentes sistemas de contratación, los cuales están enmarcados en el Plan de desarrollo respectivo, en el cual se establece el objetivo de buscar una pronta recuperación de la red actual por el sistema de concesión, transfiriendo al sector privado la responsabilidad de la rehabilitación, mantenimiento y operación de la red férrea colombiana.

Las mejoras en las características del tramo de estudio (cambio de traviesas de madera a traviesas de concreto, cambio de rieles de 60 y 75 Lb/yd a 90 y 115 lb/yd, implementación del bateo, nivelación y alineación mecánicas, etc.) refleja la reactivación de una verdadera política férrea que concibe al ferrocarril en el marco de una concepción intermodal (unidos a otros sistemas de transporte) con acceso a los puertos marítimos y participación activa de las regiones.

Para mantener una operación segura dentro del tramo de vías férreas que comprende el Proyecto de estudio, se implantó un sistema de control, señalización

y comunicaciones integrado, con aplicación de las últimas tecnologías, el cual supervisa las rutas de los trenes y en forma automática controla su tráfico.

Esta descripción de las estrategias de modernización de la red férrea colombiana ampliará la información actualizada en la sede de la Universidad sobre las políticas, tramos intervenidos y nuevos sistemas constructivos y de control de tráfico en dicha red.

1. ANTECEDENTES

1.1 RESEÑA HISTORICA

Antiguamente en Colombia el transporte de los productos de importación y exportación se hacía a través del río Magdalena, llevando la carga a los centros productores y de consumo desde y hacia el río, a lomo de mulas. El ferrocarril nace como respuesta a la necesidad de un transporte eficaz para llevar y traer la carga al río. Con la construcción de los ferrocarriles departamentales se lograron vincular económicamente las altiplanicies con los valles y las llanuras, uniendo el interior del país con la periferia. Así, el transporte ferroviario adquirió una presencia estable, porque la actividad exportadora le ofreció un tráfico constante y de volumen.

La construcción del Ferrocarril Trans-Itsmico, ordenado por Ley de julio de 1850, inició el desarrollo de los ferrocarriles en Colombia. Posteriormente se desarrollaron, a partir de 1870, la construcción de pequeñas longitudes para unir algunas ciudades con las vías fluviales o con los puertos tendientes a facilitar el comercio exterior. Al igual que en el resto de países de América, los primeros recursos invertidos para la construcción de redes férreas provenían de capitales foráneos. Por esta época el café empezó a adquirir importancia en el mercado internacional, lo cual estimuló la colonización de regiones selváticas ubicadas en las vertientes para dedicarlas al cultivo de este producto de gran demanda en Europa y Norteamérica.

La red férrea se expandió rápidamente a finales del siglo, pasando de tener 236 Km construidos para el año 1885, a 875 Km en 1910, y a 2.700 Km en 1930. La expansión de la red puede apreciarse mejor al compararla con la red de carreteras

del país para ese entonces, que era de 5.734 Km, donde 2.642 eran vías nacionales.

En 1954, después de haberse presentado grandes cambios institucionales, se decide la nacionalización del transporte férreo, con la creación de la empresa Ferrocarriles Nacionales de Colombia, con lo cual se integraron las diferentes líneas departamentales construidas. En 1961 se logró integrar el resto de líneas dispersas construidas logrando unir los puertos de Buenaventura y Santa Marta, con la construcción del tramo Dorada-Fundación, expansión en la que se alcanzó a tener una longitud de 3421 km, siendo este el máximo desarrollo del modo férreo colombiano.

Muchos municipios ubicados a lo largo de la vía férrea recibieron aportes a su bienestar y desarrollo social generada por las actividades del transporte férreo de la época, como son el desarrollo arquitectónico en la construcción de edificios, estaciones y puentes, creaban los empleos suficientes para mantener el dinamismo económico de las zonas, es decir que la actividad del tren producía los elementos necesarios para evidenciar la presencia del estado.

Años después comenzó la decadencia de los Ferrocarriles Nacionales y en 1972, con el desbordamiento del Río Cauca, se interrumpió el paso entre Medellín y el Pacífico, dejando separadas las Redes del Atlántico y del Pacífico. Hasta ese entonces, el ferrocarril desempeñaba un papel importante en el desarrollo económico del país.

Para 1974 alcanzó volúmenes de operación cercanos a 3 millones de toneladas, que representaban el 12% del total de la carga movilizada: constituyéndose el modo férreo como uno de los más importantes componentes de la infraestructura del país. Un año después comienza a evidenciarse una aguda crisis financiera

originada por problemas de índole laboral, administrativo, técnico, operativo y financiero.

Con el deterioro del modo de transporte férreo se hizo evidente el estancamiento de la situación comercial, económica y social de las poblaciones localizadas cerca al corredor férreo.

Ya en los ochentas se agudiza la crisis y el Gobierno Nacional, después de examinar la situación, decide someter el modo férreo a un proceso de reestructuración institucional que dio lugar a la separación de las funciones de mantenimiento y de operación de la vía férrea en empresas diferentes.

Este proceso se inició con la expedición de un conjunto de decretos en 1989, tales como el 1586 que liquidó la empresa Ferrocarriles Nacionales de Colombia; el decreto 1591 creó el fondo de pasivo social de los Ferrocarriles Nacionales, con el objeto de asumir la carga prestacional que arrojó la liquidación de la mencionada empresa; el decreto 1588 creó la Empresa Colombiana de Vías Férreas - Ferrovías-, encargada de mantener, mejorar, rehabilitar, extender, modernizar, explotar, dirigir y administrar la red férrea nacional; el decreto 1589 autoriza la creación de sociedades de economía mixta del orden nacional cuyo objeto principal será la prestación del servicio o de transporte público ferroviario con criterio comercial.

Es así como aparece la Sociedad Colombiana de Transporte Férreo -STF-, la cual completaba este nuevo esquema institucional para la prestación del servicio público de transporte, es decir, que en teoría debía existir la complementación ideal de una empresa encargada del mantenimiento y conservación de la infraestructura y otra dedicada a la prestación del servicio como tal. Para ello se establecieron compromisos mutuos, se delimitaron funciones y se establecieron reglas claras para iniciar un proceso de recuperación integral del modo férreo.

Ferrovías debía realizar obras de rehabilitación y mantenimiento de gran alcance que garantizaran la efectiva utilización de la infraestructura por parte de las empresas operadoras; mientras la STF debía iniciar políticas de comercialización del servicio, sobre todo con los diferentes integrantes del sector productivo colombiano, intensificar la comercialización del mismo, generar interés en la utilización de uno de los modos de transporte más económicos y eficientes del mundo y despertar nuevamente el interés por el modo.

Las anteriores metas fueron quedando al margen como consecuencia de las restricciones presupuestales que debían reforzar el cumplimiento de dichas estrategias, especialmente con recortes a los recursos destinados a la recuperación y mejoramiento de la infraestructura, lo cual iba deteriorando e interrumpiendo las estrechas relaciones que deberían existir entre la empresa operadora y la encargada de la infraestructura, creándose una especie de dependencia tanto operativa como financiera de la empresa operadora STF con respecto a Ferrovías, es decir pasar de ser empresa encargada de la infraestructura a ser el principal cliente de la empresa operadora, es algo que de ninguna manera perseguía el Gobierno Nacional.

Los bajos niveles de movilización, la poca participación en el mercado y la falta de cobertura para prestación del servicio no se hicieron esperar, agudizando de nuevo la crisis del modo férreo y retrocediendo muchos años su desarrollo, con el agravante de que en este tiempo se han generalizado los procesos de globalización, integración e internacionalización de la economía, reflejados en la aplicación de políticas de apertura económica.

En 1995 se decide traspasar al sector privado, a través del esquema de Concesión, el sistema ferroviario de Colombia, dejando en poder de FERROVIAS su supervisión. Los Planes Nacionales de Desarrollo, iniciando con el del periodo 1994-1998 “El Salto Social” establecieron un nuevo esquema, que es la

expectativa hacia el futuro y que tiene como factor central la participación del sector privado en el desarrollo y mejoramiento de la infraestructura férrea del país.

En el año 2003 se suprimió la empresa Ferrovías y se dispuso la cesión de los contratos de concesión y los inherentes al mismo, al Instituto Nacional de Concesiones (INCO), que fue creado en el mismo año con el objeto de planear, estructurar, contratar, ejecutar y administrar los negocios de infraestructura de transporte que se desarrollaban con capital privado y en especial las concesiones, en los modos carretero, fluvial, marítimo, férreo y portuario.

Mediante el decreto de reforma institucional, 4165 del 3 de noviembre de 2011, se dio vida a la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, la cual remplazo al Instituto Nacional de Concesiones –INCO, para la gestión de concesiones y el desarrollo de la infraestructura de transporte.

1.2 CONCESIONES EN LINEAS FERREAS

Los primeros ferrocarriles colombianos se construyeron por el sistema de concesiones (Ley 104 de 1882), en las que se otorgaba al constructor el monopolio de la ruta concesionada. Las concesiones se desarrollaron sin la adecuada planificación y coordinación, lo que llevó a una ausencia de integración en la red férrea nacional, por las diferencias que presentaba el ancho de la trocha, entre yárdica (0.914 m) y métrica (1.0 m), en algunos corredores. La difícil topografía del país llevó además a la construcción de vías férreas muy limitadas a causa de las fuertes pendientes, la estrechez de la vía y los radios de curvatura. Esta situación, combinada con el régimen climatológico desfavorable de las cordilleras, generó grandes requerimientos de mantenimiento. Con el paso del tiempo, se revirtieron las concesiones y se adquirieron aquellas que estaban en

cabeza de los particulares y de los departamentos, configurando así la nacionalización de la red. El proceso de reversión fue sin embargo muy lento, pues se inició en 1912 y tan sólo a comienzos de los años cincuenta estaba culminando.

En un informe que elaboró el Banco Mundial en los años cincuenta, “Bases para un Programa de Fomento para Colombia”, se recomendaba la creación de una empresa estatal que unificara los sistemas existentes. Esta empresa fue creada en 1954 con el nombre de Ferrocarriles Nacionales de Colombia.

La misión del Banco Mundial aconsejó, además, iniciar la construcción de una nueva línea desde Puerto Wilches hasta La Dorada, conocida como el Ferrocarril del Atlántico, la que se terminó en los años sesenta. En 1961, se logró la integración de las líneas dispersas construidas anteriormente, uniendo los puertos de Buenaventura y Santa Marta. A comienzos de los setenta, el ferrocarril alcanzó su máxima longitud: 3.468 Km. Desde entonces, la red activa empezó a disminuir por la salida de tramos que no eran comercialmente atractivos y/o porque no contaron con un adecuado mantenimiento. La ineficiencia y la competencia desigual con otros modos de transporte fueron reduciendo la importancia del ferrocarril como medio para el transporte de carga. Mientras en los años cuarenta, el ferrocarril movilizaba las mismas ton/km que el transporte por carretera, ya en 1951 transportaba tan sólo el 32% de la carga movilizada en Colombia.

En la década de los setenta, durante la cual se movilizó el mayor volumen de carga, ésta representó entre el 7% y el 9% de las ton/km que movilizó el transporte por carretera; y en los noventa movilizaba el 1% de la carga transportada por tierra, porcentaje equivalente a menos de un millón de toneladas.

Los ferrocarriles fueron operados monopólicamente por la empresa estatal Ferrocarriles Nacionales de Colombia, que tenía a finales de la década de los

ochenta una planta de 7.106 trabajadores. En 1989 se liquidó esta empresa, acción motivada por cargas prestacionales excesivas y por el deterioro del sistema férreo en general, como consecuencia de la falta de mantenimiento de la red, de los equipos y la reducción sostenida de los volúmenes de tráfico.

La Ley 21 de 1988 que liquidó la empresa Ferrocarriles Nacionales de Colombia, introdujo un esquema mixto de operación, bajo el cual el sector público sería el encargado de administrar la infraestructura ferroviaria, realizando el control del tráfico y el mantenimiento, mejoramiento, rehabilitación y modernización del sistema ferroviario a través de una nueva empresa - Ferrovías. El esquema mixto de operación enfrentó grandes problemas. Por diversos motivos, se descuidó la función de rehabilitar y mantener las vías, lo que llevó a que en 1995 fuera necesario la rehabilitación completa de la red, produciéndose como consecuencia el deterioro de la infraestructura y velocidades de operación muy bajas (de 21 Km. /hora en promedio), muy por debajo de lo previsto en el plan de rehabilitación de la red férrea de 1991.

La utilización de la concesión como instrumento para la atención de las necesidades de construir y mantener la infraestructura es uno de los resultados de las leyes 80 y 105 de 1993, conocidas como el estatuto de contratación y la Ley de Transporte respectivamente.

Con el fin de dar cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo y al documento posterior del CONPES, FERROVIAS decidió abrir un Concurso Público de Méritos Internacional para contratar los servicios de una banca de inversión que elaborará el diseño, promocionara y desarrollara el programa de concesiones de la red férrea nacional colombiana, adelantara la elaboración de los pliegos de condiciones y prestara la asesoría en el estudio de las propuestas y la celebración de los contratos que suscriba FERROVIAS.

El Concurso Público de Méritos Internacional se abrió en abril de 1995 y resultó favorecido el Consorcio Socimer-Ineco. La consultoría inició labores en el mes de octubre de 1995 y tuvo los resultados de la fase de diagnóstico y análisis del sistema férreo actual y el planteamiento del esquema de concesiones en marzo de 1996. A partir de marzo de 1996 empezó el proceso de promoción a nivel internacional de la red férrea colombiana y la consecución de los potenciales inversionistas nacionales y extranjeros, durante un período de 7 meses

Con base en la consultoría, se decidió establecer dos concesiones integrales para la Movilización de carga y de pasajeros. Las concesiones férreas fueron adjudicadas en julio 27 de 1999 a Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A. - FENOCO, como concesión Atlántico, y en noviembre 4 de 1998 a la Sociedad Concesionaria de la Red Férrea del Pacífico S.A. (Hoy Tren de Occidente S.A.).

2.1 TITULO

“RECONSTRUCCION DE LA LINEA FERREA EN EL SECTOR LA LOMA – PUERTO DRUMMOND”

2.2 OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo General

Describir las metodologías seguidas por la empresa encargada de la administración, control y mantenimiento de la Red Férrea Nacional, en la reconstrucción del tramo de línea férrea comprendido entre La Loma (Cesar) y Puerto Drummond (Magdalena).

2.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar el estado actual de la red férrea colombiana.
- Detallar el sistema y procedimiento de reconstrucción de la línea férrea en el sector La Loma – Puerto Drummond.
- Comparar los dos escenarios de construcción de las 2 líneas férreas en el sector La loma – Puerto Drummond
- Dar a conocer algunas de las nuevas tecnologías en el manejo del tráfico de trenes.
- Evaluar los resultados y beneficios que conlleva una mejora en las especificaciones técnicas de un tramo de línea férrea.

3. CONTEXTO TEORICO

3.1 CONCEPTOS BASICOS

“Una línea férrea se define como el camino provisto de perfiles paralelos denominados rieles, sobre los que se deslizan una serie de vehículos movidos por tracción mecánica”,(Alias.1990). La vía trabaja como una viga sobre lecho elástico debido a su propio peso y la forma de comportarse del balasto, elemento destinado al apoyo y a la distribución de cargas en el terreno, y a contención. La vía de un ferrocarril se compone de dos partes principales: las terracerías y la superestructura.

Las terracerías, son el conjunto de obras formadas por cortes, terraplenes y subbalasto para llegar al nivel de subrasante, y a la superestructura.

La superestructura está conformada por dos hileras de rieles que van sujetos a piezas transversales llamadas durmientes o traviesas, que a su vez descansan sobre un lecho de material pétreo denominado balasto, y se adicionan accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos, etc. Los rieles vienen designados por el número de libras de peso por cada yarda de longitud o calibre. Estos rieles se fijan a los durmientes por medio de fijaciones a presión en ambos lados del riel.

Los durmientes o traviesas son las piezas que se instalan transversalmente sobre el balasto para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado; estas traviesas no solo soportan los rieles, sino además proporcionan un medio para que los rieles se conserven con seguridad a la distancia correcta del patrón. La mayor parte de las traviesas que se emplean en nuestros ferrocarriles son de madera, pero en la actualidad se emplean traviesas de hormigón pretensado y

materiales plásticos sobre los que apoyan rieles soldados con longitudes relativamente grandes y juntas de dilatación más separadas gracias a un diseño más perfeccionado.

Por su parte, el balasto es el material (piedra triturada, grava, cenizas, etc.) que se ubica sobre las terracerías compactadas para dar apoyo y estabilidad a las traviesas, y las mantiene alineadas y niveladas, haciendo posible el alineamiento, nivelación y elevación de la vía o bien la renovación de las traviesas sin afectar el lecho. Cuando el espesor del balasto y el proceso constructivo es el adecuado, este proporciona un soporte firme y uniforme a las traviesas, y distribuye por igual la presión causada por el peso y el empuje de los trenes que transitan por la vía.

Un parámetro muy importante es el ancho de vía o trocha, que corresponde a la distancia entre las caras internas de los rieles, medida 14 mm por debajo del plano de rodadura en alineación recta, que en Colombia se mide a 10 mm; esta medida caracteriza el camino de circulación de los trenes y limita el tipo de material móvil que se puede transportar por la vía y condiciona posibles conexiones con otros ferrocarriles.

En nuestro país la red férrea está construida en trocha angosta, y las únicas líneas férreas construidas con trocha estándar es la del Metro de Medellín y el Ferrocarril del Cerrejón. Para efectos de comprensión del presente informe, es importante señalar tres tipos de trocha:

Trocha Angosta : 914 mm (1 yda)

Trocha Estándar: 1435 mm

Trocha Ancha: > 1435 mm

“Los rieles son un perfil laminado de acero, de longitud normalizada, que se utiliza como elemento sustentador del material rodante, que se ha adoptado de acuerdo

con su centro de gravedad y al momento de inercia, para resistir las cargas transmitidas con el paso de los trenes”(LB Foster Company.1990). En el caso en cuestión se utilizaron un perfil 90lbs/yda = 447N/M. correspondiendo a la especificación 90 R.A-A según norma AREA (perfil TR-45) para la primera línea y un perfil 115lbs7yd para la segunda línea.

3.2 DESCRIPCION DE LA RED FERREA NACIONAL

La red férrea del país estaba compuesta por un total de 3.463 Km, longitud que incluía 150 Km de carácter privado (El Cerrejón), además de 1.322 Km que se encuentran inactivos. De estos 3.463 Km, 1.991 Km correspondían a los tramos férreos que en los años 1998 y 1999 fueron asignados a empresas privadas bajo el modelo de contratos de concesión, de los cuales hoy, 1.672 Km están bajo administración de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), y 319 Km del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

La línea privada entre El Cerrejón y Puerto Bolívar, que tiene una longitud de 150 Km en trocha estándar (1435 mm) y opera con una velocidad promedio de 62 Km/h, transporta carbón entre el complejo minero del Cerrejón y el puerto de exportación del mineral, y está al servicio de los productores ubicados al sur de La Guajira, como Cerrejón Zona Norte, Carbones del Cerrejón – Oreganal y Consorcio Cerrejón – Patilla, movilizandoo 31 millones de toneladas anuales.

Por otra parte, según cifras reportadas en su momento por el Ministerio de Transporte, alrededor de 1.322 Km de vías férreas se encuentran deterioradas y presentan problemas de invasión del corredor férreo y hurto de la infraestructura. A pesar de que el país ha hecho inversiones importantes en la rehabilitación de grandes tramos de la red férrea nacional, es claro que el hecho de mantener los

trazados existentes y la trocha angosta con la que fueron construidos hace más de 100 años lo hace muy poco competitivo, en comparación con los nuevos estándares internacionales para el ancho de la trocha que permite la operación de locomotoras más veloces y con mayor capacidad de carga; por otra parte, es necesario modificar los trazados con el fin de optimizar los radios de curvatura y las pendientes, para garantizar una operación realmente eficiente en comparación con otros modos de transporte.

Tramo	(Km)	Tramo	(Km)
LINEAS ACTIVAS ALTO TRAFICO		LINEAS INACTIVAS	
<i>Red Atlántico</i>	1171	<i>Red Atlántico (Accesos)</i>	574
Bogotá K0 - Puerto Salgar K200 (Acceso)	200	Mariquita K51 – Buenos Aires K177	126
Puerto Salgar K200 - La Loma K745	546	Buenos Aires K227 – Ibagué K245	18
La Loma K745 – Santa Marta K969	223	Facatativá K40 – Espinal K190	150
Grecia K328 – Medellín K520 (Acceso)	198	Espinal K190 – Neiva K350	160
K598 – Puerto Capulco (Acceso)	4	Espinal K190 – Buenos Aires K227	37
		Bogotá - Belencito	50
<i>Red de Occidente</i>	236	Puerto Berrio – Cabañas	33
Buenaventura K0 – Buga K241	236		
		<i>Red de Occidente</i>	612
<i>Red del Nordeste</i>	340	Buga K241 – Medellín K0	405
Bogotá K0 – La Caro K34	34	Zarzal K304 – Armenia K361 (Acceso)	57
La caro K34 – Belencito K262	228	Cali K174 – Suarez K239	64
La Caro K34 – Lenguazaque K110	78	Suarez K239 – Popayán K325	86
		<i>Red del Nordeste</i>	136
<i>Red Privada</i>	150	Carbonera – Barbosa K227	115
El Cerrejón – Puerto Bolívar	150	Bogotá K0 – Chusacá K22	21
Líneas Activas Poco Trafico	244	TOTAL LINEAS INACTIVAS	1322
Dorada K0 – Mariquita K51 (Acceso)	51		
Bogotá – Belencito	76	TOTAL LINEAS FERREAS	3463
Pto. Wilches K0 – Bmanga K118 (Acceso)	117		
TOTAL LINEAS ACTIVAS	2141		

Figura 1. Estado de las vías férreas Colombianas



Fuente Propia

Imagen 1. Estado inicial de la línea a rehabilitar. Obsérvese el mal estado de las traviesas y la contaminación del material de soporte.



Fuente SMA-CEI

Imagen 2. Estado inicial de la línea a rehabilitar. Obsérvese el mal estado de las traviesas y la falta de elementos en las platinas de unión



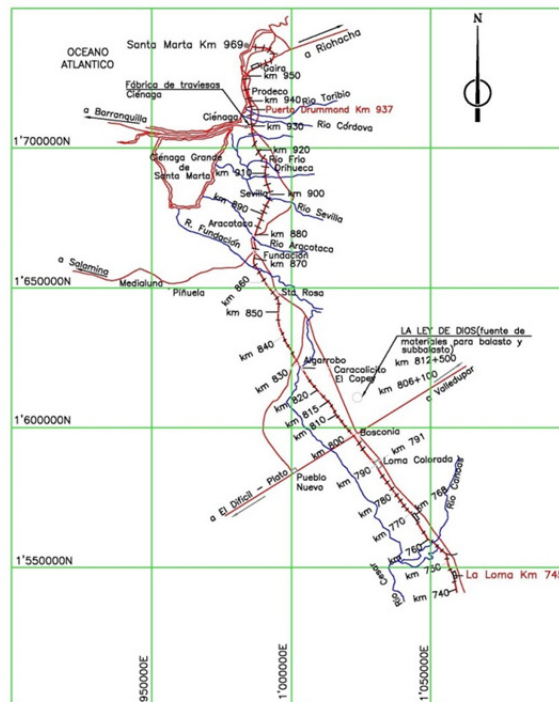
Fuente SMA-CEI

3.3 DESCRIPCION CASO DE INVESTIGACION

El caso específico a tratar es la Reconstrucción de la Línea Férrea en el tramo comprendido entre la Loma (Cesar) y Puerto Drummond (Magdalena), como ejemplo del procedimiento de recuperación del patrimonio férreo nacional. Este sector es una parte del trayecto del Ferrocarril del Atlántico inaugurado en 1961 y construido por la firma Madigan Hyland South American Corp el cual integró la red de 3.456 Km a esa fecha. La reconstrucción del sector La Loma - Puerto Drummond se hacía prioritario para la exportación de los carbones provenientes de las minas de La Loma y la Jagua en el Departamento del Cesar

La línea férrea del proyecto liga la región carbonífera de La Loma con Santa Marta distante 214 Km. y atraviesa los municipios de Santa Marta, Ciénaga, Zona Bananera, Aracataca y Fundación en el Departamento del Magdalena y Bosconia, Copey y El Paso en el Departamento del Cesar.

Figura 2. Localización del proyecto de reconstrucción de la vía férrea entre La Loma (Cesar) y Puerto Drummond (Magdalena)



Fuente SMA-CEI

4.

CONSTRUCCION DE LA PRIMERA LINEA NUEVA.

Proyecto de construcción de la primera línea paralela a la existente adjudicado por Ferrovías mediante el Contrato de Obra Pública 01-0060-0-95 al Consorcio Odebrecht – Conciviles, entre 1996 y 2000. Además se contrató con el Consorcio Salgado Meléndez y Asociados SMA y la Compañía de Estudios e Interventorías Ltda CEI constituidas en el Consorcio SMA-CEI; la Interventoría Técnica; Administrativa y Financiera de dicho contrato.

Plazo de Construcción: Línea Férrea: 36 meses abril/95 a abril/98; Sistema de Telecomunicaciones, Control y Señalización: 28 meses agosto 14/97 – diciembre 15/99.

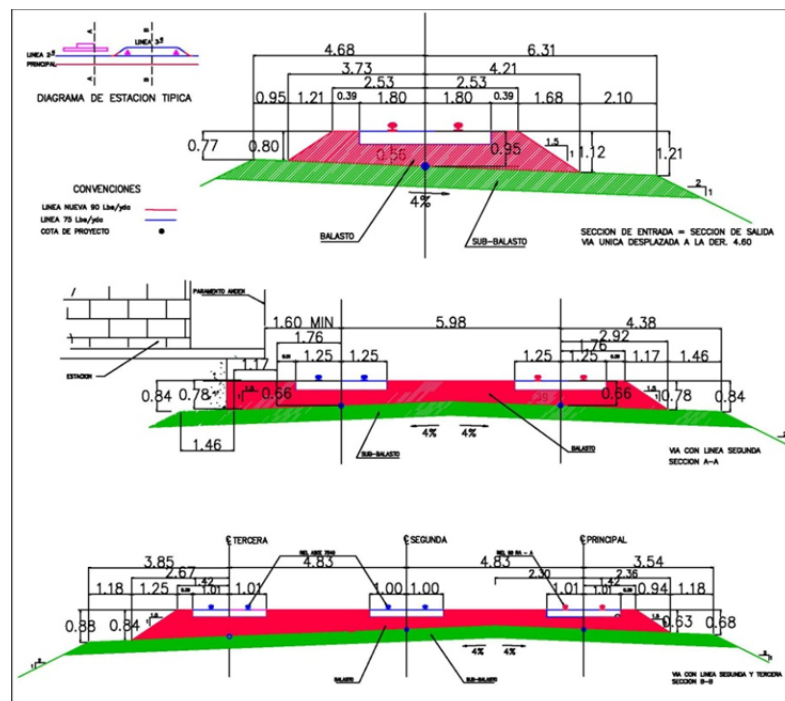
Inversión: Línea Férrea: \$150.358 millones de pesos (feb/99); Sistema de Telecomunicaciones, Control y Señalización: US\$20.731.288

CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO

— Longitud línea principal	190.8 Km.	} 212.0 Km.
— Longitud líneas segunda y tercera	21.2 Km.	
— Ancho de trocha:	0.914 m	
— Radio mínimo:	286.49 m	
— Radio máximo:	6.881.00 m	
— Pendiente máxima:	1.8% (paso a nivel de Aracataca)	
— Ancho banca de explanación:	7.08 m	
— Subbalasto: Ancho corona:	5.87 m ; Espesor: 0.30 m	
— Balasto: Ancho corona:	2.70 m ; Espesor: 0.50 m	

- Travesías de concreto pretensado (7.000 psi) para 18.15 Ton/eje
Factor de impacto: 200% ; Presión sobre el balasto 85 psi
- Travesías de madera inmunizada en puentes y aproximación a puentes
- Fijaciones elásticas tipo DEENIK
- Carrilera: Largas barras soldadas (soldadura aluminotérmica).
- Rieles:
 - Línea principal: 90 lb/yd ; Líneas secundarias: 75 lb/yd (reutilizados)
- Estaciones: 12 (6 con líneas 2^{da} y 3^{ra} y seis con línea 2^{da})
Long. Líneas segundas: 1.600 m c/u ; Long. Líneas terceras: 294 m c/u
- Pasos a nivel: 146 (3 con barreras automáticas)
- La sección transversal prevista permitirá en un futuro la construcción de otra línea férrea paralela (vía doble).

Figura 3. Sección típica en línea única y en línea con apartadero del proyecto



Fuente SMA-CEI

4.1 DESCRIPCION DETALLADA

4.1.1. Infraestructura. La conformación de la infraestructura de la banca incluye los descapotes, los terraplenes de ajuste, los cortes y la colocación del subbalasto hasta las líneas finales de acuerdo con las secciones teóricas establecidas. Adicionalmente, en algunos sitios fue necesario reconstruir totalmente algunos drenajes y en otros fue necesario prolongarlos, debido al cambio de sección de los llenos. También incluyo la reconstrucción de una buena parte de los puentes existentes, el reemplazo y refuerzo de algunos de sus elementos, la reconstrucción de los apoyos y la limpieza y pintura de los diferentes elementos metálicos de todas estas estructuras.

El material proveniente del descapote se depositó lateralmente para evitar la formación de lagunas y para obtener un aspecto acorde con el paisaje de la zona. En las zonas donde se realizó la vía, se construyeron terraplenes elevados al lado de la vía vieja hasta las cotas de diseño. Los terraplenes viejos posteriormente harán parte de la futura vía paralela a la actual.

-Desmonte: Se ejecutó el desmonte en zonas de préstamo en una cantidad de 0.56 Has, en zona de obras de drenaje en una cantidad de 3.29 Has y en la línea en una cantidad de 134.04 Has para un total ejecutado de 137.89 Has.

- Descapote: El descapote se ejecutó en los préstamos en una cantidad de 238.255.29 m³, en las zonas de obras de drenaje en una cantidad de 3.433.80 M³, en la cantera en una cantidad de 10.381.00 M³, y en la línea zona nueva en una cantidad de 693.490.78 M³, para un total ejecutado de 945.560.87 M³.

Imagen 3. Inicio de la reconstrucción de la vía paralela a la línea vieja. Trabajos de descapote y retiro de material vegetal



Fuente SMA-CEI

Imagen 4. Mejoramiento de la capacidad hidráulica del proyecto con el reemplazo de la tubería por otras de mayor diámetro



Fuente SMA-CEI

- **Excavación en material común (Corte en vía):** Se ejecutó esta actividad en zonas de préstamo en una cantidad de 2.115.235.21 M3, en zona de tajo abierto en la vía en una cantidad de 625.425.27 M3, en zonas de drenaje para préstamos en una cantidad de 2.722.61 M3, en zonas de drenaje para la vía en una cantidad de 81.695.59 M3, y en la cantera en una cantidad de 106.995.00 M3; para una cantidad total de 2.932.073.68 M3.

- **Terraplenes (Llenos de material común):** El material fue utilizado en la vía para llenos en una cantidad de 2.374.393.40 M3, y para zonas de drenaje en una cantidad de 46.022.85 M3; para una cantidad total de 2.420.416.25 M3.

El material adecuado y apropiado para la construcción de llenos se obtuvo de zonas de préstamo oficiales del proyecto y otras obtenidas de zonas de préstamo cercanas a la vía férrea.

- **Subbalasto (Llenos de material granular):** Se colocó una o varias capas de material granular sobre la subrasante de la banca de la vía férrea, aproximadamente 400.000 m3, para impedir la interpenetración de esta capa y el balasto.

Imagen 5. Trabajos de céreo del terraplén, antesala para el montaje de la vía.



Fuente SMA-CEI

Imagen 6. Céreo de la capa de sub-balasto. Antesala al tendido de escaleras.



Fuente SMA-CEI

- Puentes y obras de arte:

a) Alcantarillas de concreto: Se instalaron y ampliaron 426 alcantarillas con diámetros entre 1.00 hasta 1.50 m.

b) Alcantarillas metálicas: Se instalaron un total de 77 alcantarillas con diámetros entre 1.80 y 2.40 m.

c) Puentes: Se instalaron un total de 43 puentes metálicos nuevos con longitudes entre 5 hasta los 30 m. Se realizó cambio de traviesas, refuerzo, protección con pintura y cambio de contrarrieles en 13 puentes existentes que van desde los 30 hasta los 122 m de luz.

d) Box Culvert: Se construyeron un total de 34 Box Culvert, con medidas entre 4.0 x 1.0 m hasta 4.0 x 3.0 m.

Imagen 7. Pontones (L = 5 m) localizados en la vía rehabilitada



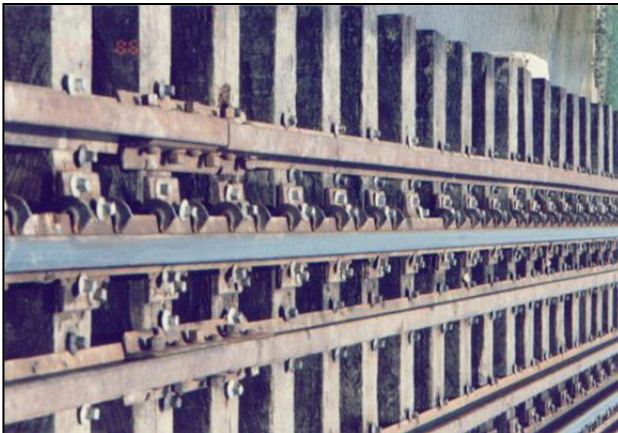
Fuente SMA-CEI

Imagen 8. Puentes (L = 30 m) localizados en la vía rehabilitada



Fuente SMA-CEI

Imagen 9. Contrarrieles instalados en los puentes de longitud mayor a 30 m.



Fuente SMA-CEI

Imagen 10. Delimitación del sector de los apartaderos con cercas de concreto, de madera y cercas vivas



Fuente SMA-CEI

- **Cercas:** Longitud total de cercas colocadas: 218.343 m. Se instalaron a lo largo de la línea a 30 m del eje de la misma y acompañada de cercas vivas en los sectores con apartaderos.

4.1.2. Superestructura. La superestructura de la vía férrea es la carrilera misma; ésta contiene como elementos estructurales:

EL BALASTO

LAS TRAVIESAS

LOS RIELES

LOS APARATOS DE VIA

LAS FIJACIONES

LA SOLDADURA ALUMINOTERMICA

LAS UNIONES O JUNTAS

Los demás elementos adicionales de la vía (Piquetes, Calzos, Postes Kilométricos, Tensores Etc.)

Uno de los cambios importantes con respecto a la vía vieja fue la localización de los cambiavías en los apartaderos de la vía. Con el fin de acomodar la nueva longitud de los trenes en este esquema, se extendió la longitud de los apartaderos a 1600 m entre los cambiavías. Adicionalmente a estos apartaderos, se requirieron otros apartaderos en estos tramos de vía con el fin de permitir el probable cargue y descargue de vehículos, satisfacer las necesidades de los clientes, o para almacenar el equipo en mal estado o el equipo de mantenimiento de la vía.

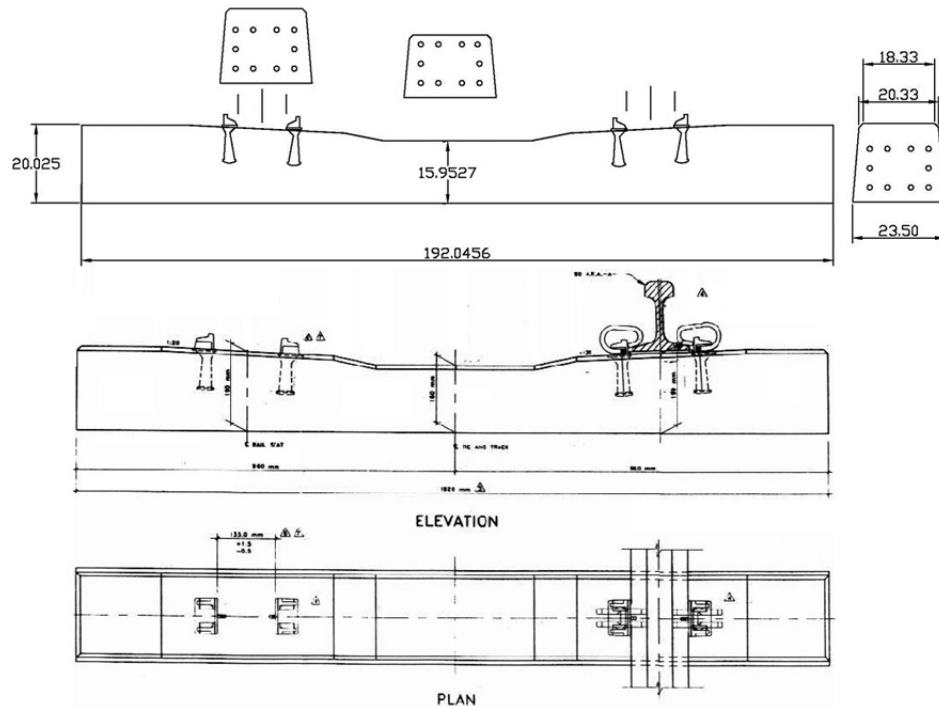
-Fabricación de traviesas de concreto. La concepción de la línea férrea, aunque se conservó la trocha angosta de 0.914m, contempló rieles de 90 lb / yd RA-A, montados sobre traviesas de concreto pretensadas. Las características de las traviesas prefabricadas, atendiendo las Normas Internacionales AREA Capitulo 10 fueron determinadas por el Consorcio con base en las características de velocidad, radio mínimo de curvatura y carga de tráfico, relacionadas así:

- *Volumen anual de tráfico de 17 millones de toneladas*
- *Peso por eje de 178.2 KW*
- *Sección del riel de 90 lb /yd RA-A*
- *Ancho de la trocha de 0.9 14 m*
- *Factor de impacto del 200 %,*
- *Presión del balasto de 0,586 N/mm²*

Con base en estas especificaciones se diseñó la traviesa de concreto con las siguientes características y capacidades

- *Tipo Monoblock*
- *Forma Trapezoidal*
- *Dimensiones de 1,92 x 0,235 x 0,205 m en centro del riel*
h1(extremos) = 0,2003 m, h2(centro) = 0,16 m para disminuir rigidez
- *Anclajes de soporte para fijación: 4*
- *Concreto de 7.000 psi (ACI 318) Pretensado*
- *Alambre de 5,00 mm grado 1650 N/mm² (ASTM A881).*
- *Numero de cables: 10*
- *Momento flector lateral negativo en el centro de la traviesa de 2.67 KW*
- *Momento flector lateral positivo del asentamiento del riel de 15,37 KW*
- *Esfuerzo transmitido al balasto de 0,592 N/mm².*
- *Cantidad: 340.000 unidades, incrementada a 350.900 por solicitud del cliente*
- *Curado a vapor*
- *Elementos de fijación de los rieles tipo Deenik.*
- *Control de calidad 100%. según normas AREA Capitulo 10.*

Figura 4. Traviesa de concreto tipo monoblock utilizadas en el proyecto



Fuente propia

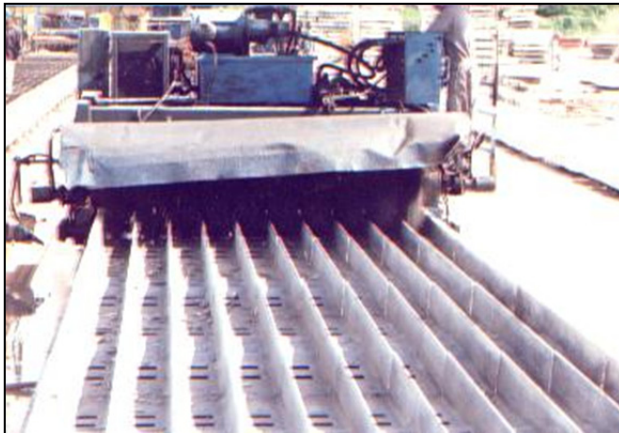
El diseño de la mezcla fue definido con base en los ensayos realizados con los materiales identificados en la región. Rada Concrete Tie Inc , especificó la resistencia de 7.000 PSI. Las características y propiedades de los agregados ajustándolos con mayor rigor disminuyendo la franja granulométrica y estableciendo el cemento tipo Portland especial tipo 2 con módulo de finura de 5.200. La mezcla final M 19 quedó así definida:

<i>Cemento Caribe tipo 23</i>	<i>490 kg</i>
<i>Arena</i>	<i>850 kg</i>
<i>Grava 3/4</i>	<i>880 kg</i>
<i>Aditivo</i>	<i>5,0 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>220 l</i>

Resistencia a 15 horas de 4,000 PSI, Resistencia final a 28 días de 7.000 PSI
Asentamiento de 2".

Secuencia de fabricación

Imagen 11. Limpieza de las formaletas. La máquina posee cepillo de acero y un rociador de aceite desmoldante



Fuente SMA-CEI

Imagen 13. Extendido del alambre (20 por vez) y ajustes de los barriletes



Fuente SMA-CEI

Imagen 15. Colocación de platinas separadoras horizontales y verticales para garantizar posición correcta de los alambres



Fuente SMA-CEI

Imagen 12. Colocación de hombros y platinas separadoras



Fuente SMA-CEI

Imagen 14. Tensionamiento del conjunto de alambres de las camas



Fuente SMA-CEI

Imagen 16. Acopio de agregados pétreos para la producción del concreto de las traviesas



Fuente SMA-CEI

Imagen 17. Descarga del concreto del balde de la tolva a la maquina concretadora



Fuente SMA-CEI

Imagen 19. Rotación del eje de resortes para liberar los hombros embebidos en la traviesa



Fuente SMA-CEI

Imagen 21. Colocación de la carpa para iniciar el curado a vapor



Fuente SMA-CEI

Imagen 18. La máquina de concreto está prevista de dos reglas vibratorias posteriores que complementan el acabado y evitan el sobreespesor de la traviesa



Fuente SMA-CEI

Imagen 20. Retiro de las platinas separadoras de las traviesas después del fraguado inicial



Fuente SMA-CEI

Imagen 22. . Ciclo de curado al vapor.



Fuente SMA-CEI

Imagen 23. Retiro de la carpa de curado, para el destensionamiento e inicio del corte de los alambres. 30 minutos.



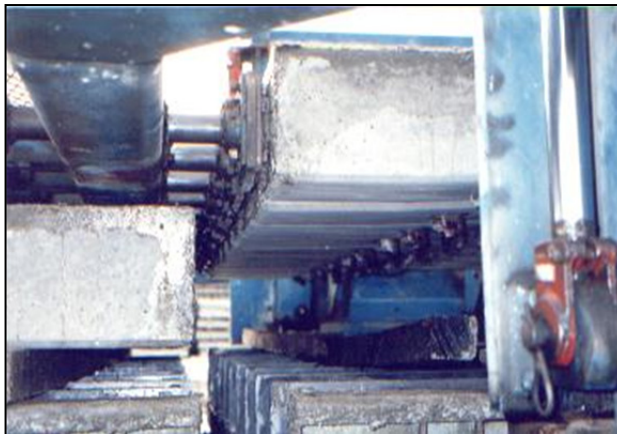
Fuente SMA-CEI

Imagen 24. Corte de los alambres entre formaletas por el equipo de corte abrasivo



Fuente SMA-CEI

Imagen 25. Detalle del desmoldeo de las traviesas



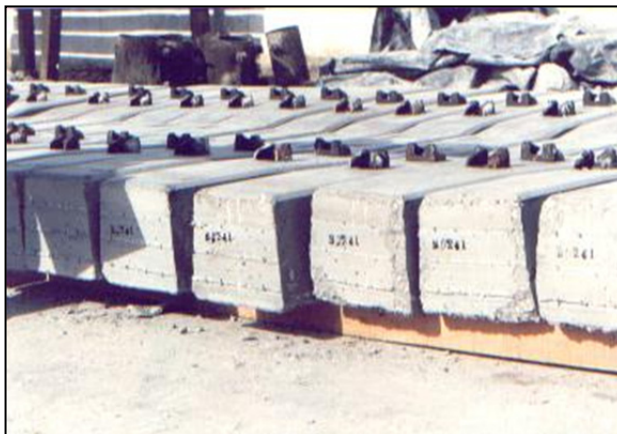
Fuente SMA-CEI

Imagen 26. Identificación en bajo relieve de cada traviesa de acuerdo a su localización en las formaletas y camas



Fuente SMA-CEI

Imagen 27. Sistema de codificación del lote de producción mediante sello de tinta indeleble, de acuerdo a la fecha de producción



Fuente SMA-CEI

Imagen 28. Labores de control de calidad (visual y dimensional)



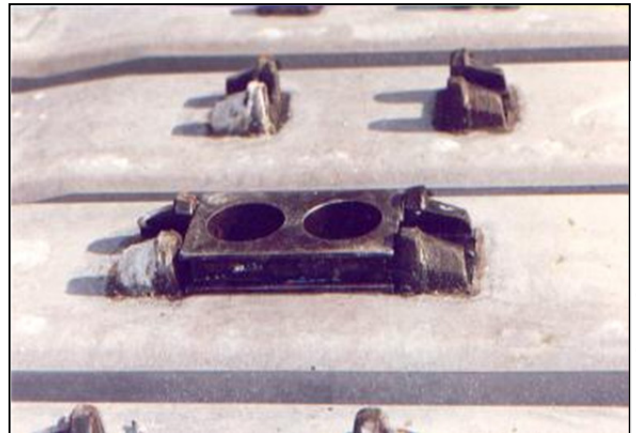
Fuente SMA-CEI

Imagen 29. Ensayo dimensional de trocha (pasa no pasa). Tolerancia mínima 1,122 mm y máxima 1,6 mm (cap 10 Normas AREA)



Fuente SMA-CEI

Imagen 30. Ensayo dimensional de asiento de riel (pasa no pasa) tolerancia 1,5 mm para mayor o menor (especificación del proveedor de fijaciones)



Fuente SMA-CEI

Imagen 31. Ensayo dimensional del hombro embebido, o torcido, tolerancia 1,0 mm para mayor o menor (especificación del proveedor de fijaciones)



Fuente SMA-CEI

Imagen 32. Ensayo especial con traviesas (carga estática momento positivo y negativo, observación de fisuras con lupa Normas AREA)



Fuente SMA-CEI

Imagen 33. Ensayo especial de anclaje de los alambres (micrómetro de 0.0001" - Normas AREA)



Fuente SMA-CEI

Imagen 34. Ensayo especial con traviesas (resistencia a torsión de los hombros embebidos con llave hidráulica de torque - Normas AREA)



Fuente SMA-CEI

-Rieles. Los rieles fueron adquiridos en Polonia (Katowice) y se exigió un perfil 90lbs/yda = 447N/M. correspondiendo a la especificación 90 R.A-A según norma AREA (perfil TR-45)

Este riel posee las siguientes dimensiones:

- Ancho del hongo: 6.508 cm.
- Altura del riel: 14.287 cm.
- Ancho patín: 13.017 cm.
- Longitud de la barra (normal): 18 metros.
- Resistencia a la tracción: 105.7Kgf/mm².
- Dureza Brinell Max: 326.6° B.
- Composición C=0.82; Mn=1.05 Si=0.28 P=0.023 S=0.013.

Imagen 35. Pruebas de Dureza Brinnell de los rieles con Durometro Equotip.



Fuente SMA-CEI

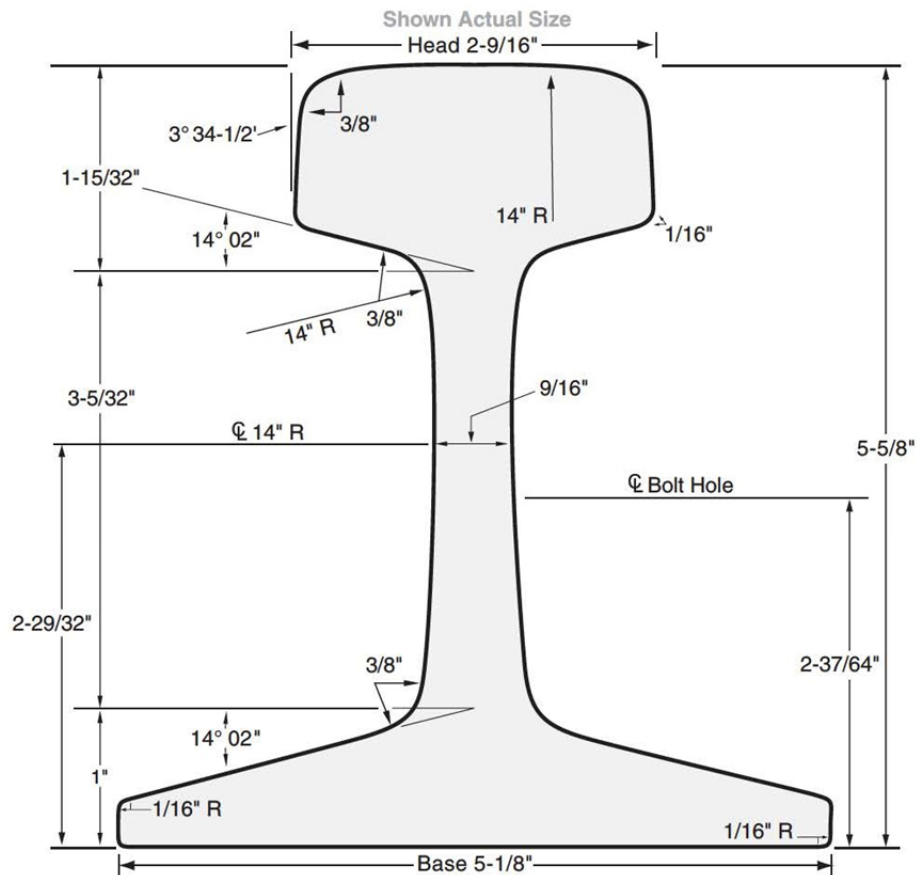
Imagen 36. Rieles de 90 lbs/yda utilizados en el proyecto. Nomenclatura: FV=Ferrovías, 90 RA-A=Perfil, VT=Tratamiento al vacío, K=Katowice (Polonia)



Fuente SMA-CEI

Figura 5. Sección de riel de 90 lbs/ yda (90-lb A.R.A.-A.)

90-lb. ARA-A



Rail Type: 90 RA Section Number: 9020 Nominal Weight: 90 lbs/yd	Area in²: 8.82 Section Modulus in³: Head: 12.6 Base: 15.2
Standard Length: 39' Standard Drilling: 2-11/16" X 5-1/2" with 1-1/8" dia. holes	
Joint & Angle Bar Lgth: 24" Angle Bar Weight: 60 lbs/pr with hardware: 67 lbs/pr Joint Bar Weight: 46 lbs/pr with hardware: 53 lbs/pr Track Bolt: 7/8" X 5"	Moment of Inertia in⁴: 38.7

Fuente HARMER STEEL

-Prefabricación de Escaleras. En formaletas que poseen 2 niveles de 30 cajas se sitúan las traviesas de concreto las cuales quedan espaciadas 0,60 m entre centros.

Imagen 37. Acopio de traviesas para transporte a sitio de premontaje de escaleras



Fuente SMA-CEI

Imagen 38. Cargue de los rieles (18 m) para el premontaje de escaleras



Fuente SMA-CEI

Se les colocan las plaquetas de Lupolén y los rieles de 18 m en ambas filas y luego con la ayuda de las cizallas e impulsadores se fija riel y traviesas colocando los clips alternados (2 por traviesa).

Imagen 39. Detalle del molde para armado de las escaleras. Dos escaleras con separación de 60 cm entre traviesas.



Fuente SMA-CEI

Imagen 40. Colocación de las fijaciones (intercaladas de lados y de traviesas)



Fuente SMA-CEI

Con un aparejo especial, se levanta con grúa la escalera prefabricada, y se arruma con cuidado utilizando separadores de madera. Se montaron plantas de prefabricación de escaleras en Ciénaga, Sevilla, Santa Rosa y Bosconia.

Imagen 41. Etapa final de premontaje de escaleras, secuencia del retiro del tramo montado y colocación en acopio



Fuente SMA-CEI

Cantidades de escaleras fabricadas

Con riel 90 lbs: 9.060 unidades = 163.078 m

Con riel 75 lbs: 848 unidades = 9.158 m

Utilizando plataformas de 35 Ton. de capacidad, con la grúa se toman las escaleras de los arrumes utilizando el aparejo y se montan en las plataformas. Se llevan al sitio establecido de lanzamiento de escaleras y sobre la plataforma de subbalasto una vez compactado y nivelado se colocan las escaleras.

Para esta colocación deben haberse colocado estacas de centro; con la ayuda del pórtico se toman las escaleras de las plataformas colocándolas una seguida de la otra sobre la banca del subbalasto teniendo en cuenta los alineamientos establecidos topográficamente y cuidadosamente para conservar el espaciamiento

Una vez tendidas las escaleras se unieron con juntas provisionales ó bridas y posteriormente se alinearon las escaleras con la maquina alineadora.

Imagen 42. Desmonte de las escaleras de la plataforma utilizando pórticos GEISMAR PDR-350



Fuente SMA-CEI

Imagen 44. Secuencia de tendido de las escaleras sobre el subbalasto



Fuente SMA-CEI

Imagen 46. Posicionadora centrando las escaleras con referencia al eje de vía identificado sobre el subbalasto mediante una estaquilla.



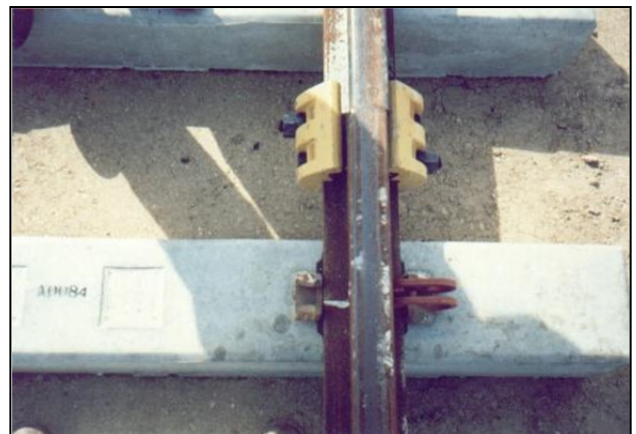
Fuente SMA-CEI

Imagen 43. Etapa de acopio de escaleras utilizando pórticos GEISMAR PDR-350



Fuente SMA-CEI

Imagen 45. Detalle colocación de BRIDAS ROBEL para empalme provisional de escaleras



Fuente SMA-CEI

Imagen 47. Tendido de línea prealineada lista para riego de balasto y soldado de juntas.



Fuente SMA-CEI

Cantidad de escaleras lanzadas:

Con riel de 90 lbs / yd (línea principal) = 9.060

Con riel de 75 lbs / yd(línea secundaria) = 848

Una vez tendidas las escaleras, se procede a aplicar la soldadura aluminotérmica para obtener barras soldadas de 288 m de longitud.

-Balasto. El balasto utilizado se explotó en la cantera “Ley de Dios” localizada al NE de Bosconia. La mina es un cerro cubierto de una tenue capa vegetal en el cual afloran rocas de naturaleza ígnea. Observando las zonas descapotadas se encuentra material rocoso muy heterogéneo y de fractura laminar.

La roca que aflora por sus características petrológicas puede decirse que están constituidas por Feldespato, Riodacitas y Biotitas.

Imagen 48. Trituradora para obtener el balasto y sub-balasto del proyecto localizada en la cantera Ley de Dios (Cesar).



Fuente SMA-CEI

Imagen 49. Producción de sub-balasto en la cantera Ley de Dios (Cesar).



Fuente SMA-CEI

La explotación se efectuó haciendo voladuras en las rocas de gran volumen utilizando Nitron y Anfo al 60% obteniendo buenos resultados con estos explosivos y triturando en 2 fases a fin de obtener mayores rendimientos.

También se utilizó el sistema de desgarre con ripper para obtener material para trituración.

La calidad del balasto obtenido superó las exigencias especificadas en cuanto a dureza y granulometría. Sin embargo como se dijo anteriormente presentó cierta exfoliación laminar.

Imagen 50. Producción de balasto en la cantera Ley de Dios (Cesar).



Fuente SMA-CEI

Imagen 51. Locomotoras de Ferrovías realizando el primer riego de balasto sobre la vía ya soldada.



Fuente SMA-CEI

El balasto se transportó en góndolas balasteras de descargue inferior y llevado a los sitios de riego por línea férrea en convoyes de 30 góndolas con capacidad de 23 M3 cada una.

El riego se efectuó por el sistema tradicional de colocar el tren sobre la línea en escalera; abrir las compuertas de la góndola a regar, mover el tren lentamente hacia adelante y rasar el balasto con una traviesa colocada delante de las ruedas del truque trasero.

Se regaron un total de 362.000 m³ en una longitud de 212.600 metros de línea.

En patios se hizo lleno de balasto entre líneas.

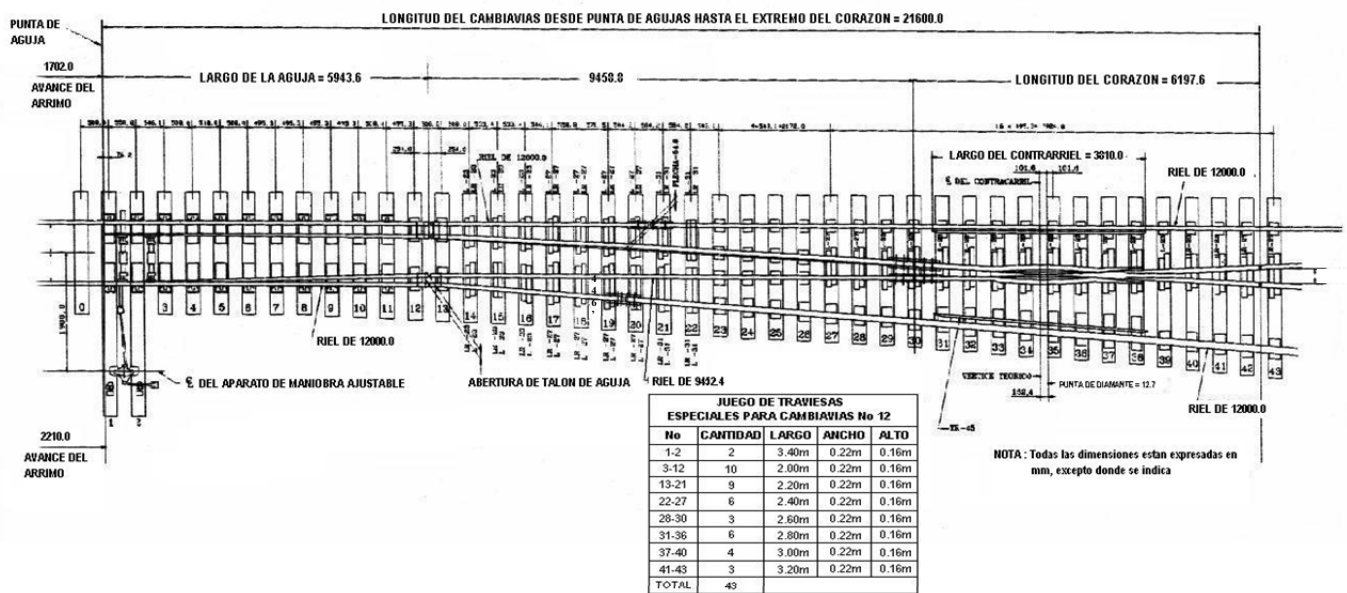
-Aparato de Vía. Se utilizaron dos tipos de cambiavías:

Nº12 para los desvíos línea principal a línea 2ª

Nº9 para los desvíos línea 2a a 3a.

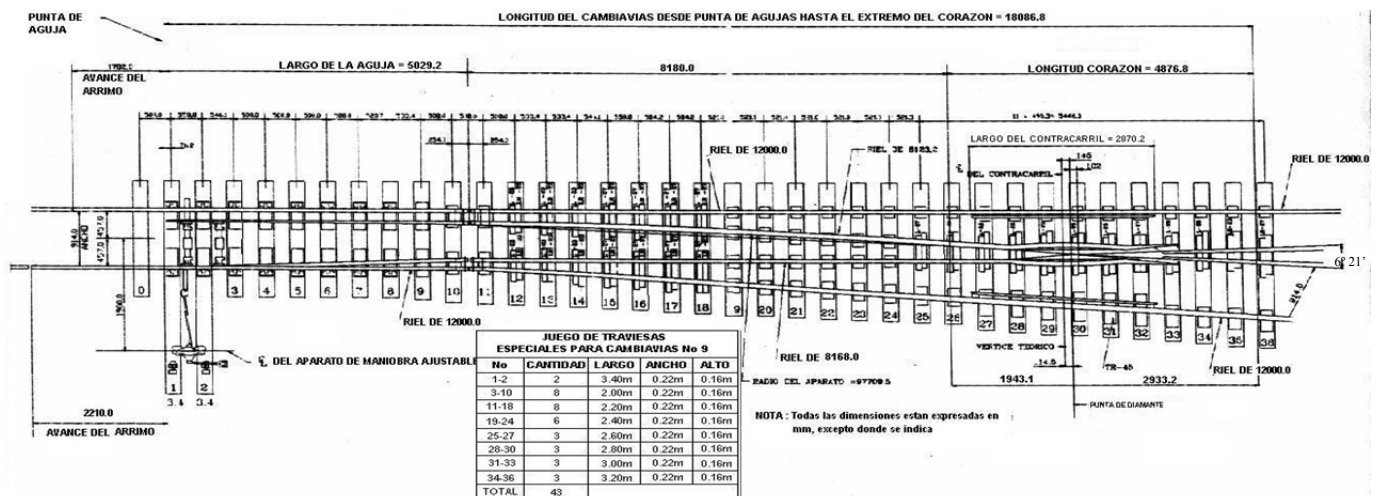
Los cambiavías Nº9 tienen una longitud de 18.08 m y utilizan juegos de traviesas especiales en numero de 36 traviesas. Los cambiavías Nº12 tienen una longitud de 26.60 m y utilizan juegos de traviesas especiales en numero de 42 traviesas.

Figura 6. Esquema del cambiavías No 12



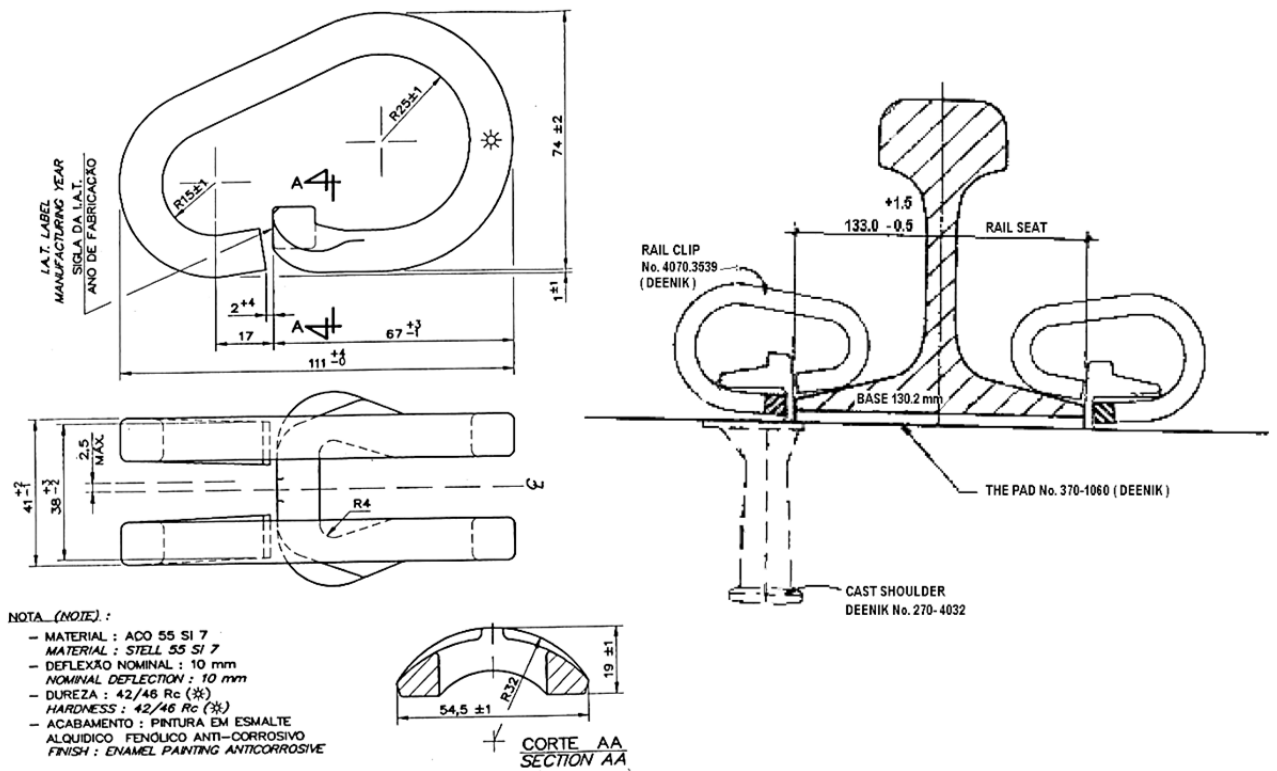
Fuente AREA 1989I

Figura 7. Esquema del cambiavías No 9



Fuente AREA 1989I

Figura 9. Esquema de la fijación Deenik y su colocación



Fuente SMA-CEI

Otro tipo de fijación fue el tirafondo, esta fijación exige una placa de asiento metálica que se coloca sobre la traviesa de madera a fin de atenuar el esfuerzo cortante que ejerce el riel sobre la traviesa. La cabeza del tirafondo es un prisma cuadrado que acopla al cuadrante de la tirafondeadora permitiendo soltar ó apretar rápidamente el elemento.

Figura 10. Tirafondos utilizados en el proyecto



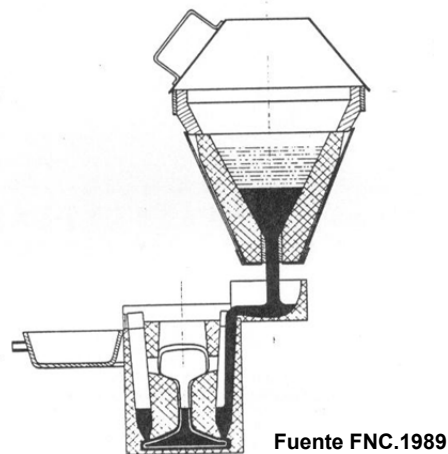
Fuente Alias.1990

La fijación tirafondo que es un tornillo de acero cónico de 222 mm de longitud y 7/8" de diámetro en el espigo para riel de 90 lbs y para riel 75 lbs se utilizó tirafondo de longitud =195 mm y 3/4" de diámetro en el espigo. En la fijación de rieles a las traviesas en los cambiavías en los cuales se estableció como fijación indirecta al ser colocados únicamente la placa a la traviesa y colocando fijación elástica de espárrago y grapa al patín del riel.

-Soldadura Aluminotérmica. La soldadura método "Thermit" (45 SMF-100) une dos barras de 18mts y así sucesivamente hasta obtener una larga barra soldada; reduciendo un óxido de hierro por el aluminio mediante una reacción por ignición.

Este sistema funde los extremos de las barras por la acción del metal en estado líquido a alta temperatura dando origen a una masa homogénea por lo que quedan unidos de manera continua las barras en proceso de soldadura.

Figura 11. Esquema del sistema para unión de rieles con soldadura aluminotérmica.



En los cambiavías no se aplica este tipo de soldadura por diferencia en la composición del acero del riel normal y el acero al manganeso del riel del cambiavías. El proceso para realizar las soldaduras aluminotérmicas consiste en:

1) *Alineado y nivelado de los rieles*: Este proceso consiste en darle al riel una continuidad, así como la separación entre rieles (cala) de acuerdo al calibre de estos, con el fin de que el material aportado ocupe la totalidad de los espacios dentro de los moldes para formar una sola pieza.

Imagen 52. Alineación previa de los rieles para efectuar la soldadura aluminotérmica



Fuente SMA-CEI

Imagen 53. Corte del riel para obtener la cala o separación de los rieles para efectuar la soldadura aluminotérmica



Fuente SMA-CEI

2) *Colocación de moldes y sellado*: Este proceso consiste en el posicionamiento y sellado de los moldes prefabricados de arena especial y silicato sódico.

Imagen 54. Chequeo de la cala para efectuar la soldadura



Fuente SMA-CEI

Imagen 55. Colocación del soporte universal en el cual se ubica el crisol y el equipo de precalentamiento y se aseguran los moldes para la soldadura



Fuente SMA-CEI

3) *Pre calentamiento*: Con el objeto de aportar un numero inicial de calorías para facilitar la fusión, los rieles se someten a un pre calentamiento, de tal manera que al efectuar la sangría, ésta temperatura sea de 900 a 1000 °C.

Imagen 56. Detalle del crisol, el molde y los soportes para iniciar el pre calentamiento para la soldadura



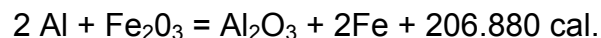
Fuente SMA-CEI

Imagen 57. Encendido de la carga para reaccionar el metal fundido



Fuente SMA-CEI

4) *Colada*: El metal líquido utilizado se obtiene por reacción entre el óxido de hierro y el aluminio los cuales pulverizados reaccionan a 1.200 °C. según la ecuación siguiente:



Al terminar la reacción los productos resultantes hierro y aluminio se encuentran en estado líquido muy fluido, flotando el aluminio por su menor densidad; en estas condiciones es posible efectuar la sangría por el fondo del crisol, saliendo primero el hierro el cual ocupa los espacios vacíos dentro del molde y quedando el aluminio en la parte superior en forma de escoria.

Imagen 58. Vaciado de la soldadura aluminotérmica en los moldes. Obsérvese la escoria depositándose sobre la bandeja lateral.



Fuente SMA-CEI

Imagen 59. Retiro de los soportes de la soldadura después de un tiempo mínimo de enfriamiento de la misma.



Fuente SMA-CEI

5) *Desmoldeo y cortado de escoria y rebabas*: Una vez efectuada la sangría se deja transcurrir unos minutos y se procede a cortar con una desbarbadora la parte sobrante de la soldadura, cuidando de no producir ondulación en el plano de rodadura.

Imagen 60. Soldadura con los excesos de colada



Fuente SMA-CEI

Imagen 61. Colocación de la desbarbadora hidráulica, para cortar la mazarota (exceso de colada ya solidificándose)



Fuente SMA-CEI

6) *Esmerilado*: Finalmente por esmerilado se rehace el perfil del hongo del riel de manera que la zona soldada presente la misma continuidad del resto del riel.

Imagen 62. Soldadura en enfriamiento sin excesos de material. Obsérvese las toberas de llenado



Fuente SMA-CEI

Imagen 63. Esmeriladora para acabado final de la soldadura



Fuente SMA-CEI

A las soldaduras aluminotérmicas (100%) se le aplicaron los siguientes controles:

Control visual

Control geométrico

Control de fallas por ultrasonido

Todas las soldaduras defectuosas fueron sustituidas mediante la colocación de cupones cortando en dos puntos, así: a 0,60 m del eje de la soldadura y a una distancia de este corte mayor a 5,40 m y realizando posteriormente las dos soldaduras respectivas.

Se repararon con soldadura eléctrica especial las soldaduras con escamas ó acabado imperfecto y que no presentaban defectos de rechazo.

El proceso utilizado fue el SMAW de electrodo revestido. (ELECTROTODE N°3026 de 1/8" EUTECTIC).

-Primer Alce y Nivelación. Una vez regado el balasto con las góndolas balastreras; utilizando bateadoras Matissa ó Plasser se procedió a alzar la línea; la maquina con el aditamento de alce, agarra el riel por el hongo y lo levanta, al tiempo que con los bates incrusta el balasto debajo de la traviesa.

Imagen 64. Perfilado inicial del balasto y limpieza del sector de los rieles con la reguladora para facilitar el proceso de alce y nivelación de la bateadora.



Fuente SMA-CEI

Imagen 65. Bateado de la línea. Obsérvese como las tenazas por vibración homogenizan el balasto debajo de las traviesas.



Fuente SMA-CEI

Como el alce a establecer es de 8 centímetros y la maquina Plasser tiene una limitación a 7 cm por alce; se realizaron 5 pasadas para alcanzar esta cota.

Imagen 66. Regulación y limpieza del excedente de balasto sobre los rieles.



Fuente SMA-CEI

Imagen 67. Limpieza del excedente de balasto en la zona de los rieles después del riego de balasto.



Fuente SMA-CEI

Con la misma maquina se alinea la vía; para establecer los alces y alineamientos, se utilizan los visores y miras convencionales ó láser que poseen las maquinas bateadoras que se utilizaron en el proyecto.

Imagen 68. Bateadora de mira óptica utilizada en el proyecto.



Fuente SMA-CEI

Imagen 69. Bateadora de mira láser utilizada en el proyecto.



Fuente SMA-CEI

-Alivio de Tensiones. Una vez terminadas las escaleras se procede a unir las barras de 18 m y se fabrica una barra de 288 m, 16 rieles por las 2 filas utilizando soldadura aluminotérmica.

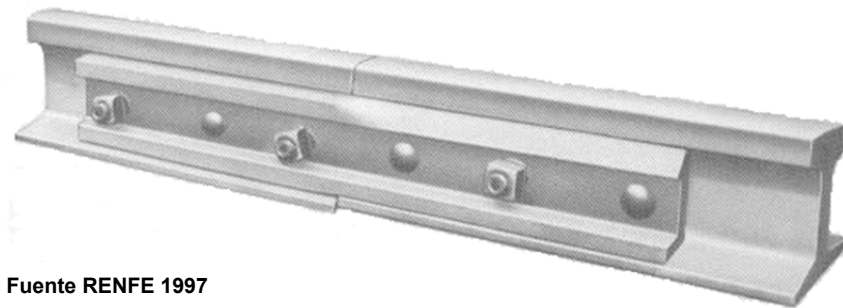
Una vez efectuado el primer alce, se ejecuta el alivio de tensiones, liberando la sujeción en la barra de 288 m. liberando el riel de las fijaciones a temperatura media y colocándolo sobre pequeños rodillos. Se deja en esa condición unos 15 minutos y se procede a cortar el exceso y soldar para formar la LBS.

Como en una vía nueva sin juntas es casi imposible conseguir que las barras que la forman sean fijadas a sus traviesas a una determinada temperatura por las variaciones existentes que tienen lugar en las distintas horas de un mismo día es necesario, mediante la liberación de tensiones, conseguir que la temperatura de fijación de los carriles a lo largo de barra larga definitiva sea igual o muy parecida

y que dicha temperatura quede situada entre ciertos límites, fijados para la región donde se instaló, para lograr que tanto los esfuerzos de compresión con temperaturas máximas, como los de tracción con temperaturas mínimas sean admisibles. Total alivios ejecutados: 1.476

-Uniones y Juntas. Fuera de las juntas deslizantes colocadas en los extremos y con el distanciamiento de diseño en puentes y cambiavías; se utilizaron juntas normales (eclisas).

Figura 12. Eclisas usadas en el proyecto



Fuente RENFE 1997

Estas juntas son tipo plano 6 huecos y acero al manganeso. También se utilizaron eclisas de acero normal para riel 75 lbs en los guardarieles de los puentes con pernos de 7/8" y 3/4" respectivamente en riel 90 y 75.

-Elementos Adicionales. Se utilizaron placas de asiento en todas las traviesas de madera; siendo especiales las colocadas en cambiavías y puentes.

Figura 13. Placas de asiento colocadas en las traviesas de madera



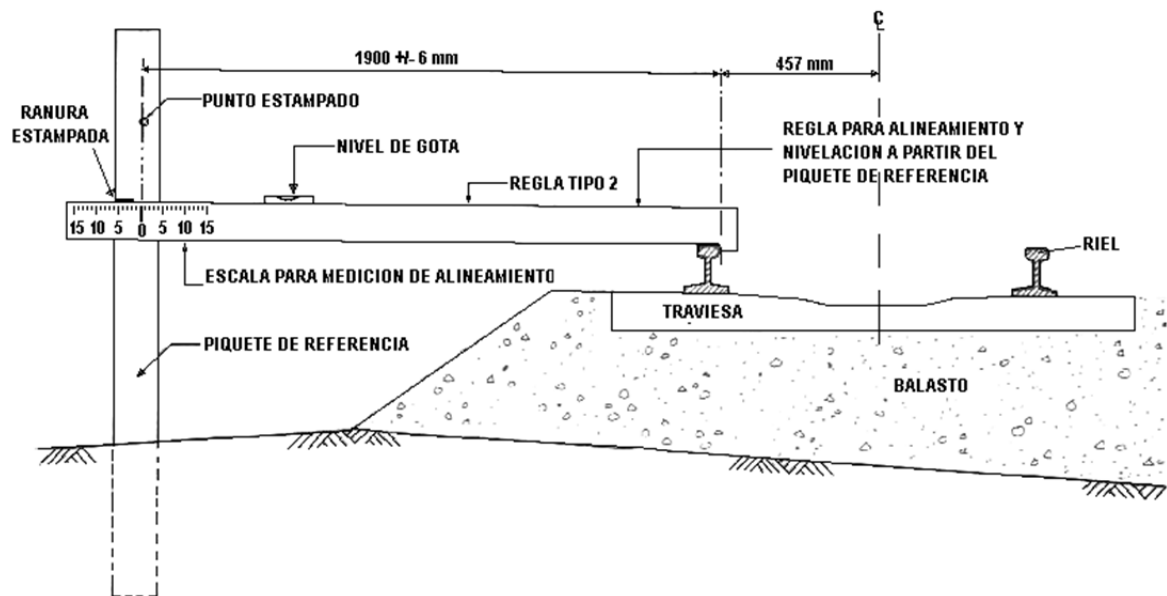
Fuente RENFE 1997

Anclas: Se utilizaron en puentes y traviesas de aproximación.

Tensores para sostener el alineamiento de los rieles en los puentes así mismo topes (tirafondos) con el mismo objeto colocado en las traviesas de los puentes.

-Piquetes de Referencia. Estos piquetes de longitud = 1,50m y separados 2,357 m ($1.90 + \frac{1}{2}$ trocha) del centro de la vía colocados a la derecha de la línea férrea tienen por objeto materializar el trazado tanto horizontal como vertical.

Figura 14. Esquema del chequeo de geometría de la vía férrea con la información inscrita en los piquetes



Fuente Propia

Se colocaron con la base embebida en concreto cada 50 m en tangente y cada 10 m en curva siguiendo el riel peraltado. También fueron utilizados en curvas verticales

Imagen 70. Piquetes de referencia en los cuales se materializa la geometría de la línea férrea.



Fuente SMA-CEI

Imagen 71. Postes kilométricos ubicados cada 250 m en todo el trayecto La Loma - Puerto Drummond. K816-2 = Kilometro 816 poste 2 = K816+500



Fuente SMA-CEI

-Postes Kilométricos. Se colocaron cada 250 m embebidos en concreto en su base, con el kilómetro y número de posta respectivo.

-Puntos Rojos. Se colocaron en los patios con el debido distanciamiento para indicar el libre paso de los vehículos al estacionarse en líneas 2as y 3as para efectuar cruzamientos. Son rieles embebidos en concreto en su base de longitud = 1,50 m pintados de rojo en su totalidad y localizados entre las líneas a referenciar aproximadamente a 60 m de las puntas de agujas de los cambiavías donde las líneas se encuentran separadas 4,60 m.

-Pasoniveles. Se diseñaron 3 tipos de pasoniveles:

- a) Empotrado en losa de concreto: Para carretera de tráfico intenso.
- b) Sobre losas de concreto prefabricadas: Para vías de tráfico medio.
- c) Con traviesas de madera, contrarrieles y balasto: Para carreteras veredales y fincas.

Imagen 72. Paso a nivel empotrado en losa de concreto en el cruce con vía principal en Aracataca



Fuente GOOGLE EARTH

Imagen 73. Paso a nivel elaborado con contrarrieles en el cruce con vía secundaria en Guamachito



Fuente GOOGLE EARTH

Del primer tipo se construyeron 4 ubicados en El Paso, Bosconia, variante de Fundación y Aracataca. Del 2º tipo se construyeron 2 pasoniveles ubicados en Río Frío y Aracataca. Del 3º tipo se construyeron 140 pasoniveles.

Imagen 74. Resultado final del trabajo de recuperación de la vía férrea. Obsérvese los postes kilométricos y los piquetes de referencia.



Fuente SMA-CEI

Imagen 75. Tren de Drummond (cargado) circulando por la vía rehabilitada.



Fuente SMA-CEI

5. CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA LINEA NUEVA

Proyecto de construcción de la segunda línea dentro del sistema de concesión de la infraestructura férrea del atlántico entregada a Ferrocarriles del Norte de Colombia, Fenoco S.A, entre 2003 a la fecha.

El cronograma de obras de la construcción de la segunda de la concesión de la red férrea del Atlántico fue establecido mediante el otrosí No.12 del contrato de concesión, en este se especificó que el concesionario construiría la segunda línea entre la loma y puerto drummond entre el 1 de enero de 2007 y el 31 de diciembre de 2008.

Actualmente se tiene construido 121.5 km y están pendientes de construir 71.5 km debido a que no se tiene autorización por parte del misterio de Vivienda para la construcción de la segunda línea paralela a la existente en los centros urbanos de Bosconia, Aracataca , fundación y Zona Bananera.

Avance Físico construcción segunda línea 63%

5.1 DESCRIPCION CONCESIÓN DE LA RED FÉRREA DEL ATLÁNTICO

La antigua línea férrea denominada Ferrocarril del Atlántico (1.493 Km) fue entregada en concesión en el año 1999 por la empresa Ferrovías a la firma Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A. (FENOCO S.A.), por un plazo de 30 años, de los cuales ocho correspondían a la rehabilitación a partir de la fecha de inicio, 3 de marzo del 2000. El grupo accionario de la compañía está compuesto por: Drummond Coal Mining, C.I. Prodeco S.A., Carbones de la Jagua S.A.,

Colombian Natural Resources I.S.A.S., Vale Colombia Transportation Ltd., Consorcio Minero Unido S.A. y Carbones de los Andes S.A.

Dicho contrato entregó en concesión la infraestructura de la Red Férrea del Atlántico, incluyendo bienes inmuebles, bienes muebles y material rodante, para su rehabilitación – reconstrucción, conservación, operación y explotación, mediante la prestación del servicio de transporte ferroviario de carga.

A partir del año 2005 cuando se cumplieron los plazos estimados para la culminación de algunas obras, se hicieron evidentes algunos problemas, y el Ministerio de Transporte y el INCO (ahora ANI), considerando las recomendaciones presentadas en el documento CONPES 3394 “Conexión de los Distritos Carboníferos a la Red Férrea Nacional – Lineamientos de Política” y la dinámica del contrato de concesión, en el mes de marzo de 2006 llevó a cabo la reestructuración de dicho contrato por medio del Otrosí No. 12, el cual dispuso: la desafectación, a la culminación del periodo de transición, de los tramos Bogotá - Belencito, La Caro - Lenguaque, Bogotá - Dorada, Dorada - Barrancabermeja, Barrancabermeja - Chiriguaná, Puerto Berrío - Medellín (Bello) y Medellín (Bello) - Envigado; la construcción de una segunda línea entre Chiriguaná y Santa Marta, y la ejecución del denominado Plan de Transición.

Conforme a lo anterior, una vez se cumpliera el período de transición, la Concesión de la Red Férrea del Atlántico, se limitaba únicamente al tramo de 245 Km entre Chiriguaná y Santa Marta; la otra parte de la línea que conecta a Chiriguaná con La Dorada y Bogotá, pasó a manos del INCO (hoy ANI).

En la actualidad la concesión opera los 245 Km (1.248 Km fueron desafectados) y comprende los tramos Chiriguaná – La Loma – Ciénaga de 210 Km, y Ciénaga – Santa Marta de 35 Km.

La concesión del Caribe a cargo de FENOCO, frente a las perspectivas de producción y exportación de carbón del oriente del país, así como de otros productos que llevaron a los términos expuestos en el Otrosí No. 12 del contrato de concesión, debía iniciar la construcción de una segunda línea paralela a la existente, que operaría desde Chiriguaná hasta Santa Marta, con el fin de ampliar la capacidad de carga y transporte.

La justificación de la inversión en infraestructura férrea para este proyecto, radica en el hecho de que en el sector de minería, cuando el potencial de un proyecto garantiza retornos altos, es posible desarrollar proyectos de infraestructura. Complementariamente, la utilización de esta misma vía para otros productos que pueden llegar a volúmenes importantes, justificarían también la inversión.

De otra parte, es relevante indicar que en consideración a las recomendaciones del Conpes 3394, en el año 2006 el Ministerio de Transporte reguló la tarifa para el transporte de carbón, otros productos y ciclos compensados, en el tramo Chiriguaná – Santa Marta, y de la misma manera a partir del 1 de enero de 2007, FENOCO está obligado a pagar a la ANI, como Derecho de Tránsito, el equivalente al 50% de la tarifa por cada tonelada métrica de carga transportada, recaudo que no podrá ser inferior a US\$1,07 y será ajustado anualmente de acuerdo con la variación del Índice de Precios al Productor de los Estados Unidos.

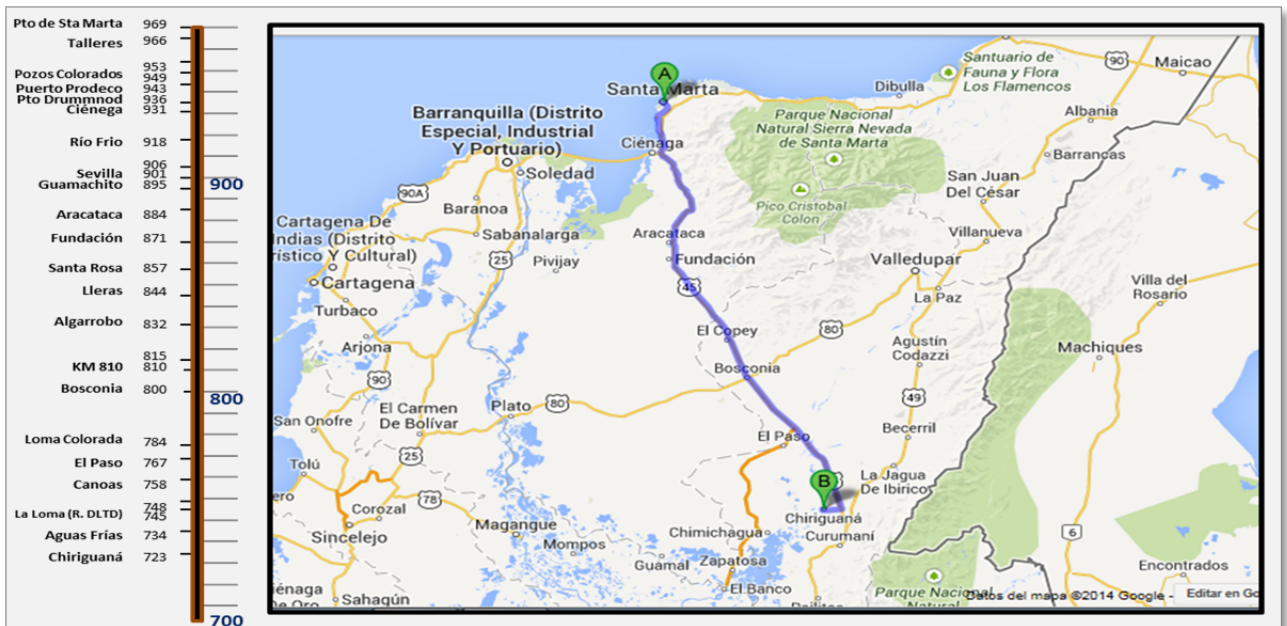
Información General

Fecha de Suscripción	09-sep-1999
Fecha de Terminación estimada	03-mar-2030
Fecha Acta de Inicio	03-mar-2000
Iniciación etapa previa a la rehabilitación, const. y manteni.	03-mar-2000
Iniciación etapa rehabilitación, construcción y mantenimiento	03-mar-2001
Iniciación etapa operación	03-mar-2000
Interventoría Consorcio Interferrea Atlantico	37 meses

Accionistas (% participación)

Drummond Ltd	40.963%
CI Prodeco S.A.	24.097%
Carbones de La Jagua S.A.	12.048%
Compañía Carbones del Cesar S.A.	8.434%
CI Carbones del Caribe S.A	8.434%
Consortio Minero Unido S.A.	3.614%
Sloandes Logistics S.A.S.	2.410%

Figura 15. Localización del tramo concesionado entre Chiriguana (Cesar) y Santa Marta (Magdalena)



Fuente FENOCO

Longitud tramo concesionado	245 Km
Longitud tramo en operación	192 Km
No de estaciones	16 estaciones
No de pasos a nivel	207 Und

Figura 16. Esquema del avance de las obras



Fuente FENOCO

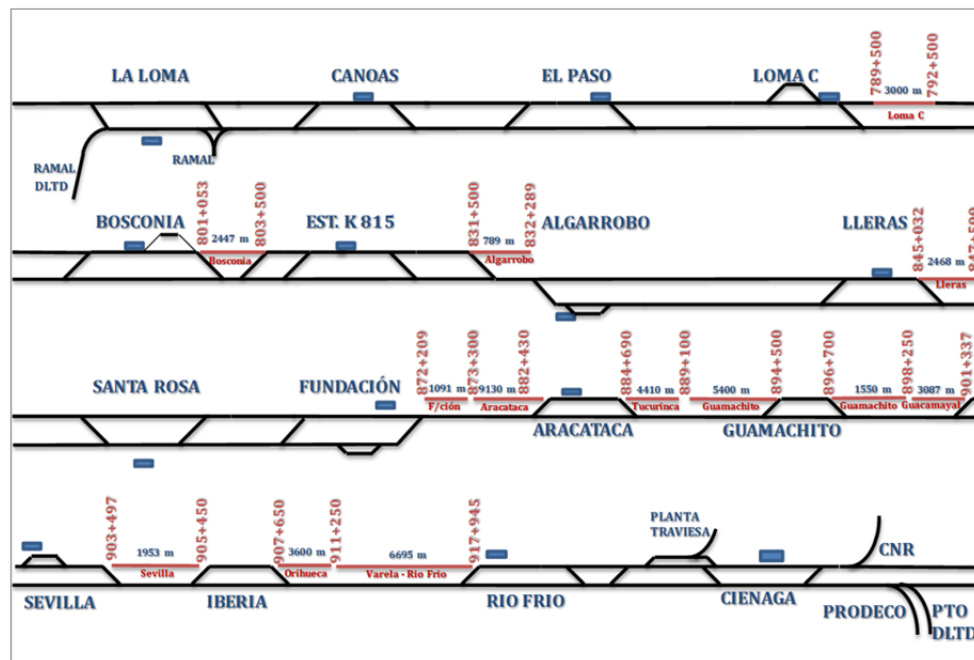
Segunda Línea en Construcción

<u>Pk Inicio</u>	<u>Pk Fin</u>	<u>Distancia (m)</u>	<u>Sector</u>
789,500	792500	3.000	Loma Colorada
831,500	832.289	789	Algarrobo
845,032	847,500	2.468	Lleras
Subtotal		6.257	En Construcción

Segunda Línea en trámite de Licenciamiento

<u>Pk Inicio</u>	<u>Pk Fin</u>	<u>Distancia (m)</u>	<u>Sector</u>
801,053	803,500	2.447	Bosconia
872,209	882,430	10.221	Fundación
884,690	894,500	9.810	Aracataca
896,700	901,337	4.637	Guamachito
903,497	905,450	1.953	Sevilla
907,650	917,945	10.295	Iberia – Rio Frio
Subtotal		39.363	

Figura 17. Esquema de los tramos de segunda línea



Fuente FENOCO

Procesos de licenciamiento

- Resolución 1064 de octubre de 2013, ANLA otorgó Licencia Ambiental para construcción sectores de Loma Colorada, Algarrobo, lo cual permitirá avanzar en un **13,71%** del total de Segunda Línea.

- Mediante resolución 414 del 6 de marzo de 2014 el Ministerio del Interior certificó la **NO** presencia de comunidades Afrodescendientes en los corregimientos de Guamachito y Varela – Río Frio.
- Fenoco se encuentra desarrollando los EIA's para la construcción de la segunda línea paralela en los corregimientos de Guamachito y Varela – Río Frio para un total de 13.64 Km equivalentes a un **29,90%** aprox., para gestionar y obtener Licencias Ambientales ante el ANLA en estos corregimientos.
- Se radicó oficio ante el ANLA solicitando el desistimiento parcial del Auto 2952 de 2007 y 694 de 2008, en los cuales se impone y se ratifica la obligación de construir una variante en el municipio de Bosconia – Cesar. A la espera de respuesta positiva del ANLA y entrega de los términos de referencia. (**5,37%** del total de Segunda Línea)
- Se radicó oficio de solicitud al ANLA para la entrega de TDR para la elaboración del EIA de la construcción de la segunda línea paralela en el municipio de Fundación y parte del sector rural de Aracataca. (**2,41%** del total de Segunda Línea)
- Se gestiona y se apoya propuesta de tren turístico de pasajeros que permita a su vez dar vía libre a la construcción de la línea paralela en Aracataca. (**20,01%** del total de Segunda Línea)
- El Ministerio del Interior certificó mediante res. 741 del 28 de abril de 2014 la presencia de comunidades Afrodescendientes en los corregimientos de Tucurinca (1 CP), Guacamayal (1 CP), Sevilla 2 CP), (**20,01%** del total de Segunda Línea) – A la fecha en proceso de contratación consultor experto por parte de Fenoco para adelantar este trabajo.
- Ministerio del Interior certificó mediante res. 741 del 28 de abril de 2014 la **NO** presencia de comunidades Afrodescendientes en los corregimientos de Tucurinca (1 CP), Guacamayal (1 CP), Sevilla 2 CP), (**7,89%** del total de Segunda Línea) – A la espera de entrega de TDR por parte del ANLA.
- Se adelanta por parte de la ANI la **implementación** del Plan de Reasentamientos Poblacional en los corregimientos de Loma Colorada y

Algarrobo, y la **formulación** del Plan de Reasentamientos Poblacional en Guamachito, Varela y Río Frio, con fechas de inicio del 3 de marzo de 2014

5.2 DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS

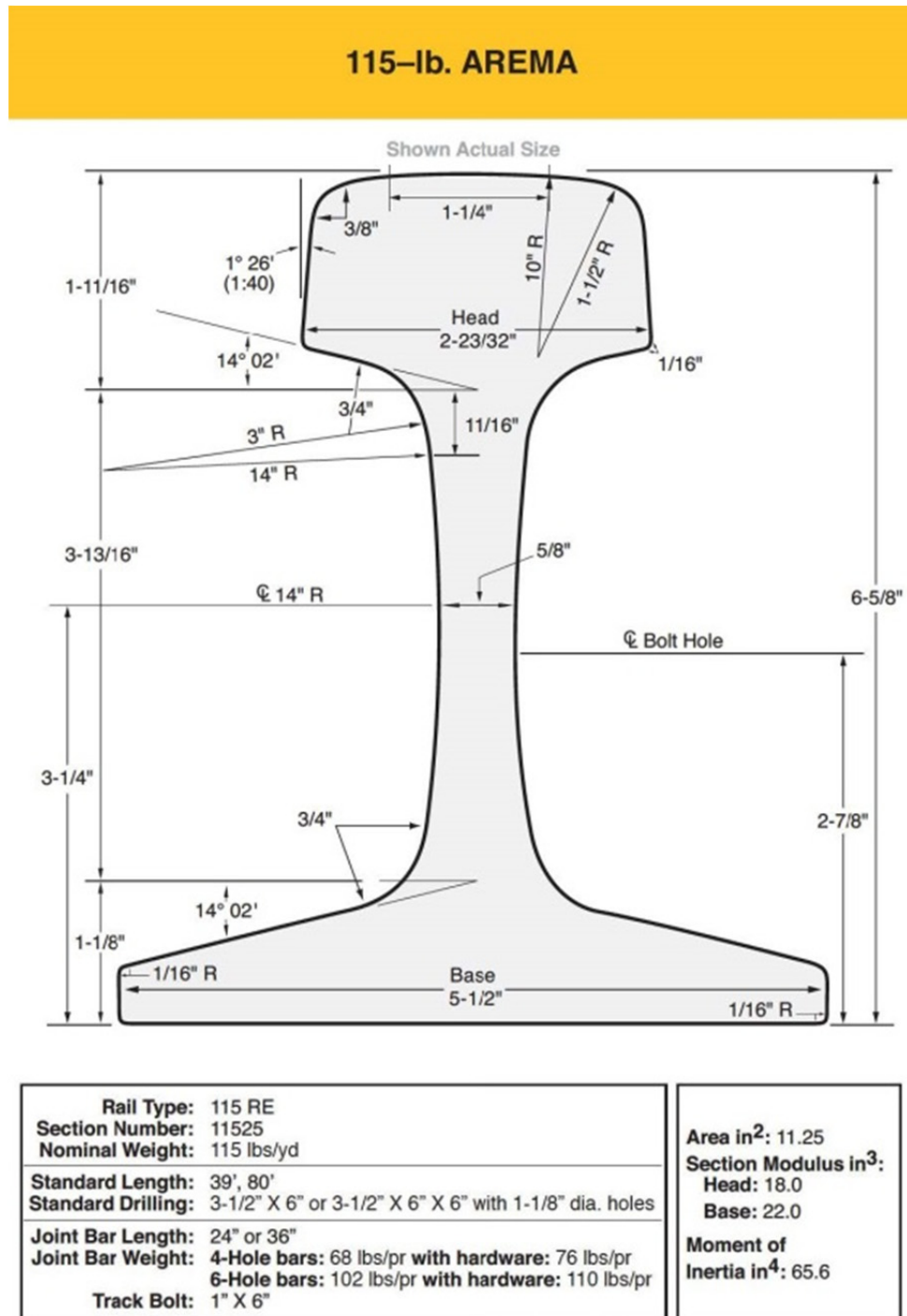
Las características de construcción de la segunda línea son similares a la primera exceptuando los rieles nuevos utilizados por el Concesionario para la segunda línea que son de mayor calibre (tipo 115 RE) y cumplen la norma AREMA (norma que rige a todos los rieles de acero con una masa mayor o igual a 56.9 kg/m - 115 [lb/yd]).

Los rieles nuevos son de tipo 115 RE (57.19 Kg/m aproximadamente), con sección transversal especificada geoméricamente en la Figura 6 y longitud alternativa de 24 m o 36 m sin perforaciones.

Este riel posee las siguientes dimensiones:

- Ancho del hongo: 6.906 cm.
- Altura del riel: 16.828 cm.
- Ancho patín: 13.97 cm.
- Longitud de la barra (normal): 24 metros.
- Resistencia a la tracción: 827 MPa.
- Dureza Brinell Min: 370 HB.
- Composición C=0.74-0.82; Mn=0.75-1.25 Si=0.10-0.60 P=<0.020 S=<0.020.

Figura 18. Sección de riel de 115 lbs/ yda (115-lb AREMA.)



Fuente HARMER STEEL

Secuencia de Construcción

Imagen 76. Inicio de la construcción de la vía paralela a la 1ª línea nueva. Trabajos de descapote, retiro de material vegetal y de la estructura antigua



Fuente FENOCO

Imagen 77. Trabajos de explanación y mejoramiento del terreno de fundación de la nueva línea



Fuente FENOCO

Imagen 78. Compactación del material del terraplén, antesala a la colocación de la capa de subbalasto



Fuente FENOCO

Imagen 79. Tendido de las escaleras



Fuente FENOCO

Imagen 80. Montaje de los equipos para la unión de los rieles con soldadura aluminotérmica



Fuente FENOCO

Imagen 81. Vaciado de la soldadura aluminotérmica en los moldes



Fuente FENOCO

Imagen 82. Alcantarillas ampliadas con la construcción de la nueva línea



Fuente FENOCO

Imagen 84. Bateadora vibrando balasto debajo y los alrededores de la traviesas



Fuente FENOCO

Imagen 86. Puente peatonal y de vehículos de 2 ruedas construido en reemplazo de los pasos a nivel convencionales



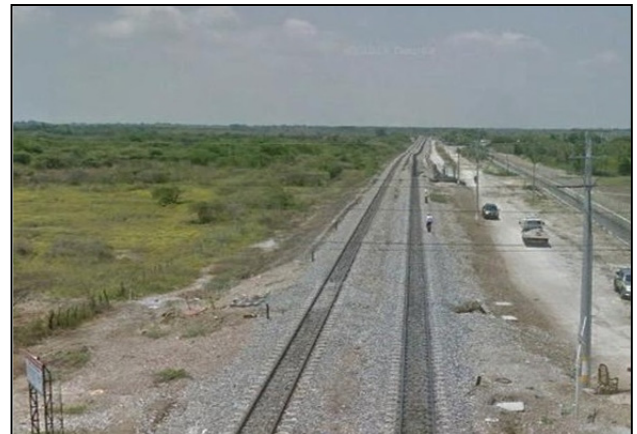
Fuente FENOCO

Imagen 83. . Posicionadora centrando las escaleras en el eje trazado



Fuente FENOCO

Imagen 85. Las 2 líneas nuevas en funcionamiento en el sector de Ciénaga



Fuente FENOCO

Imagen 87. Tránsito de tren de la Drummond circulando sobre las líneas nuevas ya construidas



Fuente FENOCO

6. TECNOLOGIAS PARA EL CONTROL DE TRAFICO FERREO

6.1 PRIMERA LINEA NUEVA

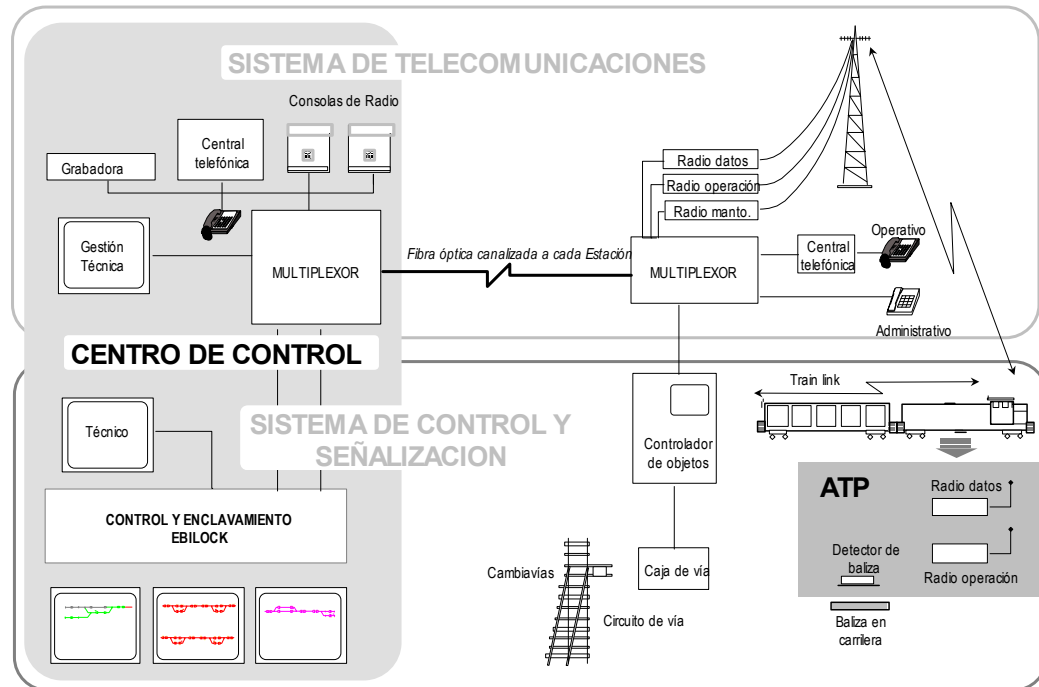
El Proyecto incluyó el diseño, construcción, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de los equipos del sistema de Telecomunicaciones, Control y Señalización para la Red Nacional, Línea Atlántico, Tramo La Loma – Santa Marta. Para mantener una operación segura dentro del tramo de vías férreas que comprende el Proyecto, se implantó un sistema de control, señalización y comunicaciones integrado, con aplicación de las últimas tecnologías, el cual supervisa las rutas de los trenes y en forma automática controla su tráfico.

Con base en el cable de fibras ópticas de propiedad de Telecom, instalado dentro del corredor férreo, con disponibilidad exclusiva de cuatro fibras para uso de Ferrovías, se desarrolló el diseño y construcción del Sistema de Telecomunicaciones, Control y Señalización. Participaron en este proceso el Consorcio Odebrecht – Conciviles con NEC do Brasil y Adtranz DaimlerChrysler Rail Systems (Brasil) Ltda., fabricantes de sistemas de telecomunicaciones y de control ferroviario respectivamente.

El principio del Sistema de Control es el de tráfico seguro de trenes tipo **fail safe**, donde la mayoría de canales y equipos vitales cuentan con redundancia. Los trenes que circulan, por el trayecto protegido, son programados previamente, en los computadores que componen el Centro de Control Operativo (CCO), para cada uno de los tramos y así mismo se programan los cruces de trenes que transitan en sentidos contrarios. El sistema no permite que se formen conflictos al no recibir comandos que pretendan realizar operaciones no permitidas.

Figura 19. Componentes del sistema de Telecomunicaciones, Control y Señalización

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES, CONTROL Y SEÑALIZACION



H. Ramírez 3/1/00

Fuente SMA-CEI

El sistema está constituido por un centro de control (central de despacho de trenes), equipos instalados en la vía y equipos instalados a bordo de los trenes. Todos estos equipos son responsables por el control del proceso del sistema, actuando en la recopilación, actuación de los elementos de vía, procesamiento y distribución de los mensajes y datos que transmiten entre los controladores, maquinistas y responsables por el mantenimiento del sistema. El sistema se apoya en una moderna red de comunicaciones de voz y datos que interactúa entre los equipos móviles de los trenes, los de la vía y el centro de control. Es el controlador de turno, el encargado de gerenciar toda la movilización de los trenes con el objetivo principal de garantizar operaciones seguras y dentro de los programas de horarios preestablecidos para los trenes. El centro de control está equipado con

consolas operacionales y de control e ingeniería, logística de seguridad para interbloqueo y sistema de radiocomunicación.

A los equipos instalados en la vía les corresponde la función de monitorear y controlar remotamente los equipos de campo. La función de los equipos instalados a bordo de los trenes es suministrar la localización de los trenes, transmitir y recibir automáticamente los permisos de movilización e informaciones de control, así como ejecutar las funciones locales de supervisión de los límites de las órdenes de vía concedidas.

TELECOMUNICACIONES

El sistema permite la comunicación del centro de control, desde y hacia las estaciones, con equipos de transmisión digital ópticos y con los radios fijos y móviles, ubicados en las estaciones y en los trenes.

El sistema troncal de comunicaciones se encarga del transporte de la información digital, voz y datos y está constituido por equipos multiplexores digitales, los cuales forman tres tramas de treinta canales cada una. Contiene todos los circuitos en tarjetas que permiten la conexión de los diferentes servicios: transmisión de datos, conexión de radio de datos, conexión de radios de voz, telefonía y transmisión de alarmas.

Se dispone de dos sistemas de radio de voz: operación y mantenimiento. Cada locomotora dispone de un radio para operación, permitiendo la comunicación del maquinista con el CCO, a través de la radio base más cercana, un canal de los multiplexores y la fibra óptica. En forma similar opera el sistema de radio de mantenimiento, equipado con radios portátiles y radio bases.

La transmisión de los datos desde las locomotoras hasta el CCO se realiza mediante el sistema de radio de datos, con una configuración similar al sistema de radio operacional de voz. Es decir, la locomotora transmite a la radio base más cercana, la señal se entrega a un canal del multiplexor, de ahí la transporta a la fibra óptica, la recibe el multiplexor del CCO y la pasa a la interfaz de radio de datos con el Sistema de control llamado Ebilock.

Imagen 88. Caseta nueva para acceso de trenes a Puerto Drummond. Obsérvese la antena para comunicaciones con Centro de Control y con otras estaciones.



Fuente SMA-CEI

Para las comunicaciones operativas de las Estaciones con el CCO y con sus Estaciones vecinas colaterales, se dispone de canales y extensiones de la central telefónica, tipo PABX, del CCO. También se dispone de una extensión administrativa en cada Estación para sus comunicaciones con el CCO y demás dependencias de la Oficina Regional Norte de FERROVIAS.

Todas las conversaciones de voz del sistema operativo son grabadas ininterrumpidamente. Los equipos de radio de comunicaciones tienen la función de autodiagnóstico; las fallas son autodeterminadas por los mismos e informadas al

centro de control. En el centro de control todas las alarmas son interpretadas, presentadas gráficamente en una pantalla de la consola e impresas en un sistema de registro de informes donde aparecen la fecha, hora, el tipo de falla y la estación fallada.

CONTROL Y SEÑALIZACION

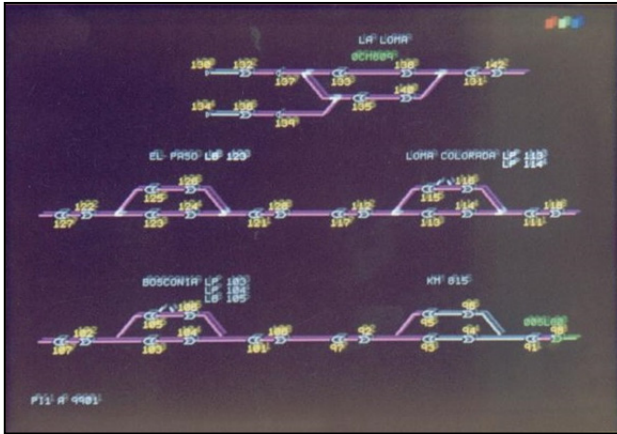
El sistema de control y señalización se encarga de proveer la máxima seguridad a los trenes que transitan por la vía férrea, mediante la información que se transmite a partir de los computadores de abordo del sistema ATP (Automatic Train Protección) y de los circuitos de vía de las zonas de apartaderos en las Estaciones.

El sistema de ATP supervisa continuamente al tren, previene al maquinista en caso de exceso de velocidad o acercamientos a restricciones de velocidad o señales de parada, si el maquinista no atiende los avisos, el sistema ordena frenar el tren.

La supervisión la hace a través del computador de abordo VCU, por medio del programa Ebicap 900. La antena “activa” la baliza por inducción, la cual envía su información al tren cuando éste pasa por encima.

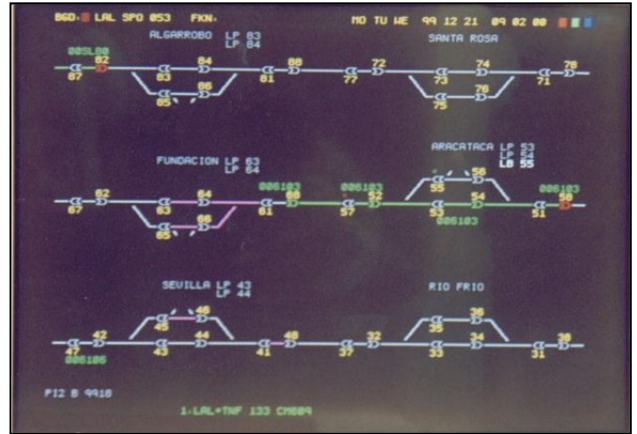
El sistema de maniobras MAN 900, compuesto por un “hardware” y un “software”, recibe del operador del CCO la información de los trenes que pasarán por el tramo protegido, en forma programada. El sistema se encarga de evitar rutas en conflicto y le ayuda al programador a configurar las rutas y los cruces de trenes, según las prioridades que se quieran implantar.

Imagen 89. Pantalla 1 de control del sistema automático localizada en el Centro de Control Santa Marta. Estaciones (La Loma, El Paso, Loma Colorada, Bosconia y Km 815)



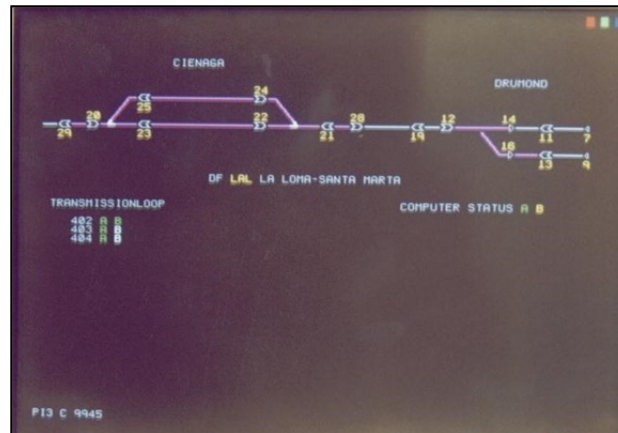
Fuente SMA-CEI

Imagen 90. Pantalla 2 de control del sistema automático localizada en el Centro de Control Santa Marta. Estaciones (Algarrobo, Santa Rosa, Fundación, Aracataca, Sevilla y Rio frio)



Fuente SMA-CEI.

Imagen 91. Pantalla 3 de control del sistema automático localizada en el Centro de Control Santa Marta. Estaciones (Ciénaga y Puerto Drummond)



Fuente SMA-CEI

Luego en tiempo real, el sistema de enclavamiento Ebilock, verifica la ocupación de los cantones, circuitos de vías, velocidades permitidas y le informa, a través del diagrama de vía en las pantallas, cuales cantones, circuitos de vías están ocupados o libres y la posición de los cambiavías. De tal información controla los cambiavías en los sitios de cruce, atendiendo a la proximidad de los trenes y según su prioridad imparte las órdenes del caso para que se procure el cruce en la forma programada.

El sistema de maniobras MAN 900 está conformado por un computador y el sistema de enclavamiento por dos (redundancia), de diseño y construcción específica para control, junto con el software aplicativo.

Parte del Ebilock lo constituyen los controladores de objetos, los cuales reciben la información de los objetos (circuitos de vías, detectores de puntas de agujas, cambiavías, pasos a nivel automáticos) y comandan los cambiavías.

Las balizas distribuidas a lo largo de la vía, de acuerdo con su geometría, y las restricciones de velocidad por proximidad a poblaciones urbanas, Estaciones, curvas, etc., le informan al ATP sobre su posición, próxima baliza, dirección y restricción de velocidad. El ATP a su vez mantiene informado al maquinista sobre su posición, velocidad y restricciones de velocidad. El ATP también transmite al CCO, su posición y los datos de velocidad. El Ebilock se encarga de manejar las restricciones de velocidad, con su base de datos sobre la vía y el ATP advierte al maquinista y toma el control de frenos del tren, en caso de no haber atendido la advertencia del ATP.

Todas las locomotoras y los equipos autopropulsados que transiten por la vía férrea en el tramo La Loma – Puerto Drummond, deben tener instalado y en operación el sistema ATP. Por lo pronto cinco locomotoras fueron equipadas con este sistema.

EQUIPOS INSTALADOS EN LA VIA

Cambiavías. Todos los cambiavías sobre la línea principal son telecomandados desde el CCO, mientras que en los demás, ubicados en los apartaderos secundarios, solamente es monitoreada la posición de las agujas. Los cambiavías

de apartaderos terciarios no tienen ninguna participación ni intervención en el sistema de control y supervisión.

Imagen 92. Detector de punta de agujas instalado en los cambiavías hacia línea tercera en los apartaderos



Fuente SMA-CEI

Imagen 93. Sensores pasivos (Balizas) localizados en puntos determinados de la vía para identificar la posición de los trenes.



Fuente SMA-CEI

Sensores Pasivos (Balizas). Son elementos instalados a lo largo de la vía en puntos estratégicos y con identificación propia, que permiten al tren y al centro de control, detectar su localización en la vía y suministrar informaciones diversas.

Los sensores, junto con los equipos a bordo de las locomotoras, identifican la correcta posición de los trenes, los límites de las estaciones/apartaderos, los lugares de recepción de permiso y los lugares de aproximación de zonas prohibidas y en conjunto con el equipo de tren completo, garantizan la integridad de la formación del tren dentro de la zona libre para cruce en los apartaderos.

Los sensores propuestos son del tipo pasivo y funcionan a través de recepción de energía obtenida a partir de una señal de radio frecuencia emitida por el interrogador de bordo.

Los datos recibidos de los sensores son procesados a bordo por el módulo de control, junto con la información del tacómetro (cuenta kilómetros), para cotejo de la localización del tren, efectuando su rastreo con precisión.

Los sensores fueron montados en la parte central de los durmientes en medio de los rieles.

EQUIPO A BORDO DE LAS LOCOMOTORAS

Las locomotoras estarán equipadas con radio para transmisión de datos y radio para transmisión de voz, módulo de control con sensor de velocidad e interfaz con el sistema de freno, antena e interrogador de sensor pasivo, detector de tren completo y terminal de operación. El radio permite la comunicación de datos y de voz, con el centro de control y las estaciones.

El detector de tren completo ejecuta la función de monitorear que el tren se encuentre completo en su formación, a través de la verificación de la presión en la tubería del freno en el último vagón del tren. Hay un enlace de comunicación, vía radio, entre el equipo ubicado en el último vagón del tren y el equipo instalado en la cabina de la locomotora líder.

SISTEMA DE ENERGIA

Fue previsto un sistema de energía sin interrupción para el centro de control compuesto por rectificadores y bancos de baterías con capacidad suficiente para soportar todos los equipos indispensables allí ubicados en los casos de corte de la energía local existente.

Además se instaló una planta eléctrica , con tanque de combustible, tablero de distribución y transferencia automática. La potencia de esta planta es suficiente para atender las necesidades del CCO.

La alimentación principal para las estaciones y casetas de la vía férrea, se obtuvo por ampliación de la red eléctrica comercial local. Esta red alimenta una pequeña subestación. La salida de energía de ésta, pasa por un tablero de transferencia automático, supervisado por circuitos electrónicos especiales capaces de accionar, en caso de falla de la energía comercial, la planta eléctrica ubicada en cada sitio, que asumirá la alimentación del tablero de distribución, que a la vez soportará los elementos de comunicación, señalización y control instalados, durante todo el tiempo de falta de energía.

Para que el sistema de comunicaciones, control y señalización permanezca con energía permanentemente y mientras la planta eléctrica se estabiliza y asume las cargas necesarias, estarán en operación rectificadores, bancos de baterías y unidades de alimentación sin interrupción (UPS), con autonomía suficiente para soportar este lapso de tiempo.

PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES, CONTROL Y SEÑALIZACION

- Remodelación del área requerida en estaciones existentes: 10 estaciones
- Construcción de casetas nuevas: 7 estaciones
- Plantas eléctricas de emergencia, 17 KVA/220-110 V: 17 unidades
- Subestación eléctrica capsulada 15 KVA/13.2 KV/220-110 V:13 unidades
- Subestación eléctrica capsulada 15 KVA/34.5 KV/220-110 V:4 unidades

- Rectificadores Saft Nife 12 a 36 A, 48 VDC con banco de baterías : 17 unidades
- UPS 15 KVA, 220 AC con su banco de baterías : 14 unidades
- Maquinas Cambiavías Eléctricas: 26 unidades
- Tablero controlador de objetos: 13 unidades
- Torres metálicas de 23 m para instalación de antenas:13 unidades
- Torre metálica de 26 m para instalación de antenas: 1 unidad
- Antenas 9 dB radio de datos: 24 unidades
- Antenas Yagi 12 dB Radio Mantenimiento: 20 unidades
- Antenas Yagi 12 dB Radio Tren - tierra: 16 unidades
- Equipos de paso a nivel automáticos: 3 unidades
- Teléfonos operacional: 17 unidades
- Teléfonos administrativos: 17 unidades

6.2 SEGUNDA LINEA NUEVA

El Proyecto incluye la puesta en operación del Sistema de Operación de Trenes – ITCS.

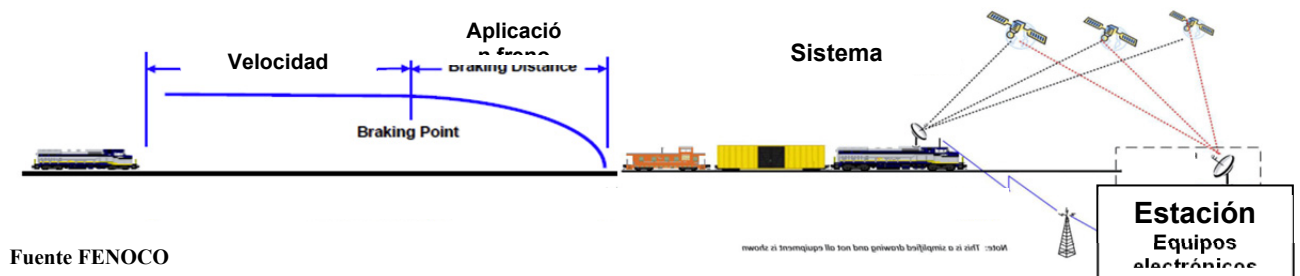
Sistema de Operación de Trenes - ITCS

El ITCS permite coordinar la movilización a través de un control de tráfico centralizado (CTC), garantizando la protección automática de los trenes.

Su función principal es hacer cumplir las autorizaciones de vía que han sido asignadas desde el Centro de Control de Operaciones (CCO), mediante un sistema que permite realizar el seguimiento y detección de la localización de los trenes en tiempo real mediante un sistema de posicionamiento global (GPS).

El ITCS es considerado un sistema “vital”, lo cual significa que todos los mensajes enviados a los trenes son entregados de forma apropiada y continuamente se lleva a cabo una verificación del estado de cada uno de los dispositivos e interfaces para asegurarse que están en condiciones de trabajo adecuadas, o en caso contrario, se activa un sistema de seguridad contra fallas.

Figura 20. Componentes del sistema de Operación de Trenes - ITCS



Fuente FENOCO

Sistema de seguridad de las circulaciones ferroviarias

Basado en comunicaciones entre los trenes que están circulando por la vía equipos instalados en la línea para conocer el estado de la línea y posición del resto de trenes y enviar la orden de marcha a cada uno de los trenes acorde a las condiciones existentes en la línea.

Sistema de control de Tráfico Centralizado

Permite monitorizar el estado de la línea, ubicación de cada tren en tiempo real y actuar sobre las máquinas de cambio automáticamente para actualizar las rutas de los trenes de la línea.

Imagen 94. Gabinetes de control ubicados en la zona de entrada a los apartaderos



Fuente FENOCO

Imagen 95. Gabinetes de control ubicados en la zona de estaciones



Fuente FENOCO

7. COMPARACION ENTRE LINEA ANTIGUA Y LINEA REHABILITADA. LA LOMA (CESAR) – PUERTO DRUMMOND (MAGDALENA)

El tramo de estudio La Loma (Cesar) – Puerto Drummond (Magdalena) da una muy buena idea de cómo se logra mejorar las características físicas y los niveles de servicio de un tramo de línea férrea mediante la utilización de nuevos materiales, procesos constructivos y sistemas de control acordes con las nuevas exigencias del sistema de transporte férreo.

Las principales mejoras se realizaron a nivel de la superestructura donde se cambiaron la totalidad de las traviesas de madera existentes por traviesas de concreto, se reemplazaron los rieles de 75 lb / yda por rieles de 90 y 115 lb /yda, el sistema de unión de rieles por medio de eclisas se sustituyó por uniones con soldadura aluminotérmica, entre otras.

A nivel de infraestructura se aumentó la capacidad hidráulica de la vía con el cambio y aumento de los diámetros de las alcantarillas de tubo y de cajón, además de realzar la totalidad de la vía.

A nivel de control de tráfico los cambios se realizaron en las comunicaciones y en la automatización de los cambiavías, en el sistema de movilización, frenado y comunicaciones de los trenes que circulan por este tramo

Estos cambios generaron un aumento de la velocidad de servicio de los trenes, un incremento de las toneladas de carbón transportadas, mejoras en la seguridad y confiabilidad del sistema.

Los principales cambios en el tramo de estudio fueron:

Descripción	Línea Antigua	Línea Rehabilitada
Rieles en línea principal	75 lbs / yda	90 y 115 lbs / yda
Rieles en líneas secundarias	60 lbs / yda	75 lbs / yda (Reutilizados)
Traviesas	Madera	Concreto tipo Monoblock
Tipo de línea	Línea con juntas (eclisas)	Línea sin juntas (Soldada)
Trocha	0.914 (angosta) m	0.914 (angosta) m
Estaciones	10	16
Fijación traviesa-riel	Clavos y tirafondos	Sujeciones Deenick
Cambiavías	Manuales	Automáticos
Control de circulación de trenes	Comunicación por radio	Sistema automático (ATP) y (ITCS)
Tren tipo	1 locomot. + 46 vagones	2 locomot. + 124 vagones
Alcantarillas (concreto y metálicas)	470	503
Pasos a nivel automáticos	0	3
Velocidad promedio Cargados	14.51 km/h	45.22 km/h
Velocidad promedio Vacíos	14.60 km/h	45.40 km/h
Velocidad Máxima alcanzada	27 km/h	75 km / h
Toneladas de carbón transportadas x año	700.000	4.200.000
Realce respecto a línea antg		50 cm mínimo – 4. 50 m máximo
Pendiente máxima		1.8 %
Radio máximo		6.881 m
Radio mínimo		286 m (acceso obligado a puente)

Imagen 96. Cambiavías utilizado en línea vieja



Fuente SMA-CEI

Imagen 97. . Cambiavías utilizado en línea rehabilitada.



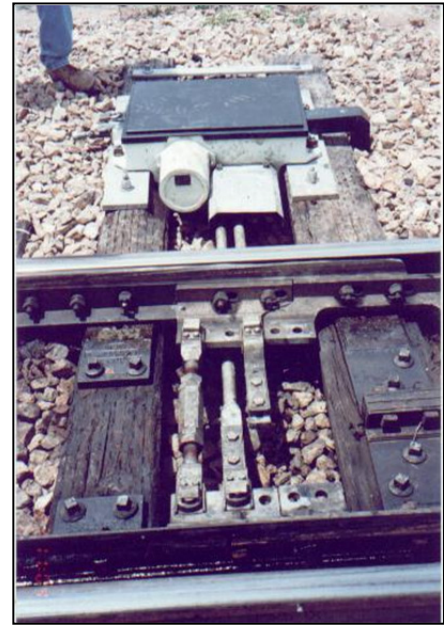
Fuente SMA-CEI

Imagen 98. Sistema para cambio de vía utilizado en línea vieja.



Fuente SMA-CEI

Imagen 99. Sistema para cambio de vía utilizado en línea rehabilitada.



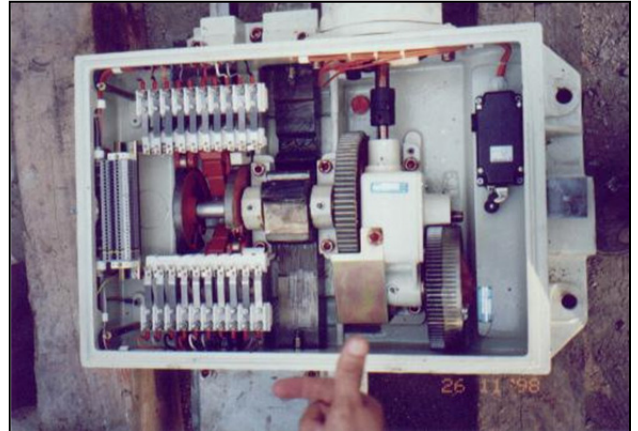
Fuente SMA-CEI

Imagen 100. Mecanismo de cambiavías utilizados en línea vieja.



Fuente SMA-CEI

Imagen 101. . Mecanismo de cambiavías utilizados en línea rehabilitada.



Fuente SMA-CEI

Imagen 102. .Tren de Drummond cargado circulando por sector con las 2 vías nuevas



Fuente FENOCO

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se describió en el cuerpo del trabajo, las entidades que tienen a su cargo las vías férreas del Norte de Colombia, han tomado diferentes enfoques en el proceso de rehabilitación de estas vías. En su momento Ferrovías optimizó la relación entre los recursos a invertir y la disponibilidad de permisos ambientales que permitió la construcción de los 192 km a rehabilitar entre La Loma y Puerto Drummond en menos de 4 años, sin limitaciones ambientales ni sociales.

En lo correspondiente al periodo de asignación de corredores férreos al INCO (hoy ANI) cabe recalcar que se puede disponer de toda la tecnología y presupuesto para la construcción de la segunda línea nueva del tramo de estudio, pero el componente social-predial y ambiental presente en la actual legislación colombiana, ha limitado los rendimientos en la ejecución total del proyecto.

El estado general actual del sistema ferroviario colombiano, arroja dos escenarios contradictorios. Dos tramos concesionados (Atlántico y Pacífico) y un tramo privado, con excelentes condiciones técnicas y adelantos tecnológicos pero que equivalen a menos del 20% de la red activa. El otro plano es una red no activa y en desuso determinado la desarticulación de esos tramos de excelentes características y la falta de conectividad con las zonas de producción.

El desarrollo de la construcción de las dos líneas nuevas fue muy similar a lo que se refiere a procesos constructivos y a la utilización de materiales acorde con las nuevas tecnologías, como son los rieles de mayor capacidad, las traviesas de concreto, las fijaciones y la unión de los rieles con soldadura aluminotérmica. Estos nuevos estándares de construcción se ven reflejados en una mayor velocidad de operación de los trenes y por ende un flujo mayor del tonelaje de carga movilizado.

Una de los puntos a tener en cuenta en futuros procesos de concesión y de grandes inversiones aplicados a tramos de línea férrea en Colombia, es el de establecer la utilización de la trocha estándar en la construcción de las mismas. Actualmente la trocha estándar es utilizada en la mayor parte de los países por su aumento en la velocidad y capacidad de transporte frente a la trocha angosta. Los equipos de transporte y el material rodante para la trocha ancha son producidos en serie y tiene un costo por unidad de potencia menor a sus equivalentes para trocha angosta los cuales se hacen sobre pedido y largos periodos para la entrega.

Los ferrocarriles en Colombia son un patrimonio tanto físico como una herencia ingenieril y aún existen tramos que justifican la rehabilitación de los mismos con iguales condiciones técnicas de los mencionados en este trabajo, para convertir el sistema férreo en un modo de transporte competitivo frente a otros, no solo en el transporte de carbón sino de pasajeros y de todos los productos generados en el país.

Sería importante e interesante poder darle la continuidad a la investigación de los otros tramos pertenecientes a la red férrea nacional y hacer un seguimiento de la integración de los mismos a un sistema global de transporte y generar así expectativas en el conocimiento y entendimiento de nuestro patrimonio férreo.

BIBLIOGRAFIA

Alias, Jean. La Vía del Ferrocarril. Madrid: Editorial Bellisco. 1990.

American Railway Engineering Association. Volumen I, Capitulo 10. 1988-89.

Cámara Colombiana de Infraestructura. Informes Sistema Férreo Nacional. 2012.

Coenvaad Esveld. Modern Railway Track. 1989

Compañía de Ingenieros Asociados Ferroviarios Ltda.-CIAF. Curso Integral en Vías Férreas. Bogotá, 1993.

Consortio SMA-CEI. Informes Mensuales y Quincenales de Interventoria Proyecto La Loma – Santa Marta. Santa Marta. 1995-2000.

DNP. Plan Nacional de Desarrollo 1994 – 1998 El Salto Social.

DNP. Plan Nacional de Desarrollo 1998 – 2002 Cambio para Construir la Paz

DNP. Plan Nacional de Desarrollo 2002 – 2006 Hacia un Estado Comunitario.

DNP. Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010 Estado Comunitario. Desarrollo para todos.

DNP. Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 Prosperidad para Todos.

Empresa Colombiana de Vías Férreas- FERROVIAS. La Traviesa. Año 1 No 5-14. Bogotá, 1997.

Empresa Colombiana de Vías Férreas- FERROVIAS. La Traviesa. Año 2 No 15-16. Bogotá, 1998.

Ferrocarriles Nacionales de Colombia. Soldadura Aluminotermica. Santa Fé de Bogotá, 1987.

Ferrovías. El Nuevo Modo Férreo. Seminario Internacional. Santa Fé de Bogotá. 1995.

Ferrocarriles del Norte de Colombia – FENOCO. Presentaciones e Información de la Concesión del Atlántico.

Lapertosa, Helvecio. Estradas de Ferro. Brasil: Editora UFMG, 1983.

LB Foster Company, Foster Rail Products, 1990.

Legislación Económica Colombiana. No 884 Tomo No 75. Bogotá, 1989.

Ministerio de Transporte. Manual de Normatividad Férrea. 2013.

Planeación Ferrovías. Diagramas de Actividades Anuales. Santa Fé de Bogotá. 1996-1999.

RENFE, tratado Completo de Ferrocarriles. Madrid. Editorial Rueda. 1997.

Tomas Mario Hoyos Cock e Instructores Asociados. Curso Básico de Vías Férreas, Santa Fé de Bogotá, 1997.