



Facultad de Ingeniería y Tecnología

Trabajo Final de Carrera

“Anteproyecto de Construcción del Taller de Locomotoras y Repotenciación del Taller de Vagones del Ferrocarril General San Martín en Palmira”

Alumno:

- Hernández Maximiliano
- ID: 169.705
- Ingeniería Civil

Tutora:

- Ing. Melina Clara Scasserra

Fecha de Entrega: 14/07/2026

Resumen:

El anteproyecto de construcción del Taller de Locomotoras y la modernización del Taller de Vagones del Ferrocarril General San Martín (FCGSM), en Palmira, Mendoza, busca actualizar y ampliar las instalaciones para el mantenimiento de locomotoras y vagones. Las instalaciones actuales, con más de cien años de antigüedad, son inadecuadas para las nuevas unidades, lo que justifica la creación de un nuevo taller.

El objetivo es establecer un taller que permita realizar mantenimiento liviano, semipesado y pesado, optimizando la eficiencia operativa y reduciendo costos. Se espera la creación de alrededor de 200 nuevos puestos de trabajo y la liberación de terrenos en el centro de Mendoza para el desarrollo urbano.

El anteproyecto incluye la construcción de un nuevo taller de locomotoras, la ampliación del taller de vagones, un almacén unificado y áreas de servicio, y principalmente la ingeniería básica del diseño de vías y su capacidad portante.

Además, se deberá evaluar el impacto socioambiental del proyecto, asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes y la identificación de medidas para mitigar efectos negativos. Se espera que la ejecución del proyecto no solo modernice la infraestructura ferroviaria, sino que también contribuya al desarrollo económico y social de la región.

Abstract:

The preliminary design for the construction of the Locomotive Workshop and the modernization of the Wagon Workshop of the General San Martín Railway (FCGSM) in Palmira, Mendoza, aims to update and expand facilities for the maintenance of locomotives and wagons. The current facilities, over a hundred years old, are inadequate for the new fleet units, thus justifying the creation of a new workshop.

The main objective is to establish a workshop that allows for light, medium, and heavy maintenance, optimizing operational efficiency and reducing costs. Approximately 200 new jobs are expected to be created, and urban development opportunities will be opened in downtown Mendoza.

The preliminary design encompasses the construction of a new locomotive workshop, the expansion of the wagon workshop, a unified warehouse and service areas, and primarily the basic engineering of the track design and its bearing capacity.

Additionally, the socio-environmental impact of the project must be assessed, ensuring compliance with current regulations and identifying measures to mitigate potential negative effects. The project is expected to not only modernize railway infrastructure but also contribute to the economic and social development of the region.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	3
1. Introducción.....	7
1.1. Contexto estratégico y un Desafío de oportunidades	7
1.2. Análisis de la Problemática Actual	8
1.3. Justificación del Trabajo.....	8
1.4. Objetivos y Alcance del Trabajo.....	8
2. Antecedentes del Ferrocarril San Martín	10
2.1. Un poco de Historia.....	10
2.2. Antecedentes inmediatos. Nuevo material rodante y tractivo en Líneas San Martín y Belgrano.....	11
3. Situación actual de las Regiones a intervenir en el Proyecto	13
3.1. Taller de Locomotoras Ciudad de Mendoza.	13
3.2. Taller de la Ciudad de Palmira. Ubicación del Proyecto.	15
3.3. Situación actual del predio ferroviario de Palmira.	15
3.3.1 Caracterización territorial y funcional.....	16
3.3.2 Infraestructura ferroviaria existente.	17
3.3.3 Entorno inmediato y actividades vigentes	17
3.3.4 Base logística y área operativa	18
3.3.5 Accesos viales y ferroviarios	19
4. Mantenimiento de Material Rodante.....	20
4.1. Conceptos generales de mantenimiento ferroviario	20
4.2. Tipologías de mantenimiento.....	20
4.2.1. Mantenimiento correctivo	20
4.2.2. Mantenimiento preventivo.....	21
4.2.3. Mantenimiento predictivo (CBM – Condition Based Maintenance)	21
4.3. Comparación entre Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo	22
4.4. Tecnologías aplicadas al mantenimiento predictivo ferroviario	22
4.4.1. Sensores embebidos	23
4.4.2. Monitoreo de vibraciones	23
4.4.3. Termografía	23
4.4.4. Sistemas de diagnóstico en vía.....	23
4.4.5. Estaciones de medición automática.....	24
4.4.6. Telemetría, Big Data y análisis inteligente	24
5. El Anteproyecto Palmira	25
5.1. Alcance del Anteproyecto	25

5.2.	Análisis de COSTOS y BENEFICIOS del Anteproyecto	25
5.2.1.	Costos asociados al Anteproyecto	25
5.2.2.	Beneficios económicos y operativos.....	26
5.2.3.	Beneficios sociales y urbanos	26
5.2.4.	Síntesis del análisis costo–beneficio	27
6.	Diseño Conceptual del Anteproyecto.	29
6.1.	Alternativas de instalación dentro del predio	29
6.1.1.	Criterios de evaluación	29
6.1.2.	Alternativas identificadas.....	29
6.1.3.	Análisis preliminar y descarte de alternativas	30
6.1.4.	Evaluación multicriterio de las alternativas.....	30
6.1.5.	Selección de la alternativa óptima.....	32
6.2.	Nueva infraestructura	32
6.2.1.	Taller de Locomotoras.....	32
6.2.1.1.	Nave principal	33
6.2.1.2.	Nave de abastecimiento y lavado	33
6.2.1.3.	Nave auxiliar.....	34
6.2.1.4.	Espacios comunes	34
6.2.1.5.	Almacén Unificado	36
6.2.2.	Taller de Vagones	36
6.3.	Memoria de Ingeniería Básica del Diseño de Vías.....	37
6.3.1.	Diseño conceptual de las vías	38
6.3.1.1.	Zonas del Anteproyecto	38
6.3.1.2.	Accesos a Talleres e Instalaciones.....	39
6.3.2.	Parámetros de diseño	41
6.3.3.	Normativa aplicable	42
6.3.4.	Diseño Geométrico.....	43
6.3.4.1.	Diseño en planta.....	43
6.3.4.2.	Diseño en alzado	44
6.3.5.	Sección transversal	45
6.3.5.1.	Secciones de Balasto	45
6.3.5.2.	Sección interior en talleres.....	51
6.3.6.	Anteproyecto del Sistema Hidrológico e Hidráulico.....	54
6.3.7.	Estudio Técnico de materiales ferroviarios	55
6.3.7.1.	Rieles.....	55
6.3.7.2.	Durmientes y sistemas de fijación	57

6.3.7.3.	Aparatos de vía	57
7.	Estructuración del Modelo Económico Financiero	59
7.1.	Propósito del capítulo y alcance del modelo económico-financiero	59
7.2.	Modalidades de contratación aplicables y criterio de selección	59
7.3.	Metodología para la estimación de costos del proyecto	60
7.3.1.	Enfoque general de estimación	61
7.3.2.	Fuentes de información y criterios de referencia	61
7.3.3.	Exclusiones explícitas del análisis de costos	62
7.4.	Estimación de Costos y Curva de Inversión	62
7.5.	Evaluación integral de la viabilidad económica del proyecto	63
8.	Impacto Socio Ambiental del Proyecto	65
8.1.	Introducción y Contexto del Proyecto	65
8.2.	Etapas del Proyecto	65
9.	Conclusiones y Recomendaciones.....	68
10.	Bibliografía.....	70
11.	Anexos.....	71
11.1.	Esquema de Talleres y Dependencias.....	72
11.2.	Esquema unifilar de Vías	73
11.3.	Curva de Inversión y Cronograma de Obra	74

Agradecimientos:

Dedicó este trabajo de manera especial a mi esposa, familia y amigos, pilares fundamentales cuyo afecto, paciencia y contención hicieron posible culminar esta etapa.

Mi profundo agradecimiento a mi tutora de tesis, la Ing. Melina Scasserra, por su rigurosidad académica y su constante guía en la dirección de esta investigación. A los profesores de la institución, les agradezco por las herramientas brindadas y su valioso rol en mi formación profesional.

Por último, agradezco cordialmente al personal de Belgrano Cargas y Logística por su absoluta predisposición, colaboración y valiosa asistencia técnica durante el desarrollo de este proyecto.

1. Introducción

1.1. Contexto estratégico y un Desafío de oportunidades

El transporte ferroviario de carga ha sido históricamente un pilar fundamental para el desarrollo económico y la integración territorial de Argentina. Con una vasta red que conecta los principales centros de producción con los puertos de exportación, el sistema ferroviario es crucial para la competitividad del sector agroindustrial y minero. La eficiencia y fiabilidad de este medio de transporte dependen directamente de la operatividad de su material rodante, que a su vez exige una infraestructura de mantenimiento moderna y robusta. En este contexto, la renovación de las flotas de locomotoras y vagones se presenta como un imperativo estratégico para el futuro del sector. La línea FCGSM (Ferrocarril General San Martín), en particular, desempeña un rol vital en la logística de la región de Cuyo, conectando la producción agrícola y vitivinícola de Mendoza con los grandes centros de consumo y los puertos del país.

El presente trabajo se inserta en este marco de modernización, respondiendo a una necesidad operativa urgente y a un objetivo de desarrollo a largo plazo. Algunos gobiernos han anunciado previamente la venta de los terrenos de los talleres de locomotoras en la Ciudad de Mendoza, una zona de alto valor urbano, lo que obligaría a la reubicación inmediata de las operaciones de mantenimiento. Sumado a ello, la reciente adquisición de 67 locomotoras de última generación, provenientes China, al parque tractivo de Belgrano Cargas y Logística. Estas unidades, que se suman a la flota de 60 locomotoras clásicas ya en servicio, incorporan sistemas electrónicos complejos y motores de alta eficiencia, lo que plantea un desafío sustancial para los procesos de mantenimiento habituales. La falta de una infraestructura adecuada para atender esta tecnología, no solo pone en riesgo la inversión realizada, sino que compromete la capacidad del sistema para operar de manera óptima y sostenible.

En la Figura 1 se presenta un esquema conceptual que sintetiza el origen del proyecto y la articulación entre el estado actual del sistema de mantenimiento, las limitaciones de capacidad de los talleres existentes y los objetivos estratégicos del nuevo Taller Palmira.

Figura 1: Esquema conceptual del proceso de formulación del Proyecto Palmira



Elaboración propia basada en documentación interna del FCGSM.

1.2. Análisis de la Problemática Actual

La necesidad de este trabajo se origina en el deterioro y las limitaciones del actual taller de mantenimiento de locomotoras de la línea FCGSM, ubicado en el casco urbano de la ciudad de Mendoza. Este taller, cuya construcción data de hace más de un siglo, fue diseñado para atender una tecnología ferroviaria muy diferente a la actual. Sus instalaciones presentan deficiencias estructurales, tecnológicas y espaciales que lo hacen incapaz de cumplir con los requerimientos de la nueva flota de locomotoras chinas. La maquinaria, las herramientas y los procesos de diagnóstico disponibles no son compatibles con los actuales sistemas electrónicos y de control que equipan las nuevas unidades. La falta de fosas de mantenimiento especializadas, puentes grúa de capacidad suficiente y áreas de trabajo adecuadas para la revisión de componentes modernos dificulta y dilata los tiempos de servicio, impactando negativamente en la disponibilidad de la flota.

A las deficiencias técnicas se suma una limitación crítica de espacio. El predio actual, que abarca aproximadamente 15.5 hectáreas, no cuenta con la superficie necesaria para una ampliación que permita incorporar nuevos galpones y áreas de trabajo que se adapten al volumen y la complejidad del mantenimiento requerido. Esta falta de espacio impide no solo la construcción de nuevas áreas de mantenimiento y depósitos de repuestos, sino que también complica la logística interna, con movimientos de locomotoras que se vuelven lentos y engorrosos. Más allá de lo operativo, la ubicación del taller en el centro de la ciudad de Mendoza genera una serie de externalidades negativas, como el ruido, la contaminación y el riesgo para la población circundante. La existencia de una instalación industrial de esta envergadura en una zona densamente poblada resulta incompatible con la planificación urbana moderna y limita el potencial de desarrollo de un espacio de alto valor inmobiliario y social.

1.3. Justificación del Trabajo

Frente a la situación descrita, la solución no reside en la rehabilitación del antiguo taller, sino en la concepción y materialización de un nuevo polo de mantenimiento. La justificación de este anteproyecto es técnica, económica y estratégica. La construcción de un nuevo taller en un predio ferroviario adecuado y fuera del casco urbano de Mendoza permitirá superar todas las limitaciones actuales. El sitio propuesto en la localidad de Palmira, provincia de Mendoza, ofrece el espacio necesario y las condiciones de conectividad ferroviaria óptimas para una operación eficiente. Esta ubicación estratégica no solo facilita el acceso a las líneas troncales, sino que también permite la implementación de un diseño de taller que optimice los flujos de trabajo, garantizando tiempos de respuesta más cortos, sinergias operativas con el taller de vagones y una mayor disponibilidad de la flota.

Desde una perspectiva de gestión del activo, la inversión en una nueva infraestructura representa un enfoque de largo plazo que maximiza la vida útil y el rendimiento del material rodante. Al contar con un taller diseñado específicamente para la tecnología actual y futura, se reducen los costos de mantenimiento correctivo y se promueve un enfoque de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que se traduce en una mayor seguridad operativa y un menor gasto a lo largo del ciclo de vida de los equipos.

1.4. Objetivos y Alcance del Trabajo

El objetivo principal de este trabajo es analizar alternativas para la elaboración de una propuesta a nivel anteproyecto para la construcción y operación de un taller de locomotoras de aproximadamente 65.000 m² cubiertos y la puesta en valor del taller de vagones. Este ambicioso proyecto está concebido como una solución integral que abarca desde la infraestructura civil hasta la tecnología de equipamiento. El diseño contempla la creación de

diversas áreas especializadas, incluyendo bahías para mantenimiento liviano, con fosas de inspección rápida y elevadores; sectores para mantenimiento semipesado, que incluirán la remoción y reparación de componentes mayores como bogies y transmisiones; y áreas dedicadas al mantenimiento pesado, con grúas de gran capacidad para el levantamiento de carrocerías y la revisión de motores y generadores.

Además de los talleres principales, el proyecto contemplará la construcción de un almacén unificado para la gestión eficiente de repuestos, oficinas administrativas, áreas de capacitación para el personal y zonas de servicio esenciales para la operación diaria. Una vez finalizado y puesto en operación, este nuevo centro de mantenimiento no solo atenderá a las locomotoras diésel-eléctricas del FCGSM, sino que también estará preparado para brindar servicios a otros operadores, lo que lo convertirá en un hub logístico clave. El éxito del proyecto se medirá no solo por la funcionalidad del nuevo taller, sino también por el impacto positivo que tendrá al permitir la desafectación del antiguo predio en el centro de la ciudad, un logro que beneficiará tanto a la eficiencia del sistema ferroviario como al desarrollo urbano de la región.

2. Antecedentes del Ferrocarril San Martín

2.1. Un poco de Historia.

El Ferrocarril General San Martín (FCGSM), llamado así en honor al prócer argentino José de San Martín, ha sido testigo de la evolución del transporte en el país. Sus orígenes se remontan al siglo XIX (1.884), cuando empresas británicas iniciaron la construcción de una línea férrea que conectaría Buenos Aires con las provincias cuyanas. Tras la nacionalización en la década de 1940, el ferrocarril experimentó un período de gran expansión y modernización que consolidó su rol estratégico en el transporte de cargas y pasajeros.

Figura 2: Mapa de la Línea FCGSM



Características técnicas y rutas:

El FCGSM opera sobre trocha ancha (1676 mm), utilizada ampliamente en Argentina por su robustez y estabilidad, especialmente en líneas destinadas a transporte de cargas de largo recorrido. Su traza principal se extiende desde la estación de Retiro, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, hasta la provincia de San Juan, atravesando centros productivos relevantes y conectando nodos logísticos de importancia regional (Ministerio de Transporte, 2022).

A lo largo de su historia, el FCGSM desarrolló una red de ramales que facilitaron su vinculación con otras líneas ferroviarias y con múltiples localidades del interior del país. Muchas de estas estaciones se transformaron en puntos neurálgicos para el movimiento de bienes y personas, favoreciendo la consolidación de economías regionales.

Historia y evolución

- **Siglo XIX:** construcción y expansión. Durante este periodo, la red se extendió rápidamente, impulsada por la necesidad de integrar regiones productivas con los principales centros de consumo y los puertos de exportación. La inversión británica fue clave para dicho crecimiento (Thompson, 2013).
- **Siglo XX:** nacionalización y auge. Con la nacionalización de los ferrocarriles en 1948, el FCGSM ingresó en una etapa de fuerte inversión y renovación. Se modernizaron vías, se adquirió material rodante y se ampliaron los servicios, consolidando su rol dentro del sistema ferroviario nacional (Ferrocarriles Argentinos, 1950).
- **Décadas de 1960 a 1990:** declive y privatización. La competencia del transporte automotor, la desinversión estatal y los cambios productivos provocaron una notable reducción de servicios y el deterioro de la infraestructura. En los años 1990, la red de

cargas fue concesionada a la empresa privada América Latina Logística (ALL Central), que operó el servicio hasta 2013.

- **Recuperación y modernización reciente.** En 2013, mediante la Resolución 469/2013 del Ministerio del Interior y Transporte, se rescindió la concesión privada y la operación del ferrocarril pasó a Trenes Argentinos Cargas (TAC), empresa estatal que impulsó un proceso sostenido de recuperación. Desde entonces se han ejecutado obras de renovación de vías, adquisición de locomotoras y ampliación de capacidades logísticas orientadas a fortalecer la competitividad del transporte ferroviario de cargas.

Servicios y material rodante

A lo largo del tiempo, el FCGSM ha ofrecido servicios variados, que incluyen transporte de pasajeros de larga distancia, servicios suburbanos y transporte de cargas. Su material rodante evolucionó desde locomotoras a vapor hasta modernas locomotoras diésel-eléctricas equipadas con sistemas electrónicos de alta complejidad, especialmente tras la incorporación de material de origen chino entre 2013 y 2018.

2.2. Antecedentes inmediatos. Nuevo material rodante y tractivo en Líneas San Martín y Belgrano.

Con fecha 4 de diciembre de 2010, el Ministerio del Interior y Transporte de la República Argentina suscribió un contrato marco con China Machinery Engineering Corporation (CMEC) para la adquisición de locomotoras y material remolcado destinados a las líneas ferroviarias de cargas operadas por Belgrano Cargas y Logística S.A. (BCyL). Este contrato no solo contempló la compra de material tractivo y remolcado, sino también la provisión de equipamiento y materiales asociados a la ejecución de obras de vía y otros servicios complementarios (Ministerio del Interior y Transporte, 2010).

A partir de la firma del contrato, se llevaron adelante actividades técnicas cuyo propósito fue el diseño y adecuación de los vehículos, basándose en las especificaciones del proveedor y en la normativa vigente, entre ellas las Normas y Planos NEFA y la Norma UIC 505-1 (UIC, 2006). El financiamiento contempló la provisión de material rodante y equipamiento auxiliar; no obstante, la renovación de vías del Belgrano Cargas se financió parcialmente mediante operaciones posteriores, por lo que no formó parte integral del mismo préstamo, conforme aclaraciones del organismo ejecutor (Unidad Ejecutora del Belgrano Cargas, 2016).

Entre diciembre de 2014 y abril de 2016 se realizaron rondas técnicas de diseño tanto en Argentina como en China, donde se definieron las características estructurales, de operación y de mantenimiento de las locomotoras, incluyendo los principales componentes mecánicos, órganos de parque, protocolos de ensayo y procedimientos de validación (BCyL, 2017).

Los primeros prototipos de trocha ancha fueron fabricados por la empresa estatal china CRRC Qingdao Sifang, compañía especializada en material rodante ferroviario con presencia mundial. Estos prototipos llegaron a Argentina en diciembre de 2016 y fueron sometidos a ensayos conjuntos entre personal técnico de BCyL, CMEC, CRRC y MTU —proveedor de los motores diésel— (CRRC Corporation, 2016). En febrero de 2017 arribaron los prototipos correspondientes a trocha métrica, fabricados por la empresa CRRC Ziyang, también sometidos a los mismos protocolos de verificación.

Como resultado de este proceso, el parque tractivo incorporado por BCyL alcanzó las 107 locomotoras, distribuidas de la siguiente manera:

- **67 unidades de trocha ancha** destinadas al Ferrocarril General San Martín (FCGSM).
- **40 unidades de trocha métrica** destinadas al Ferrocarril General Belgrano (FCGB).

Dentro del mismo contrato se desarrolló además el diseño y adquisición de material remolcado, que concluyó con la incorporación de 3.480 vagones nuevos a BCyL, distribuidos según tipo y trocha.

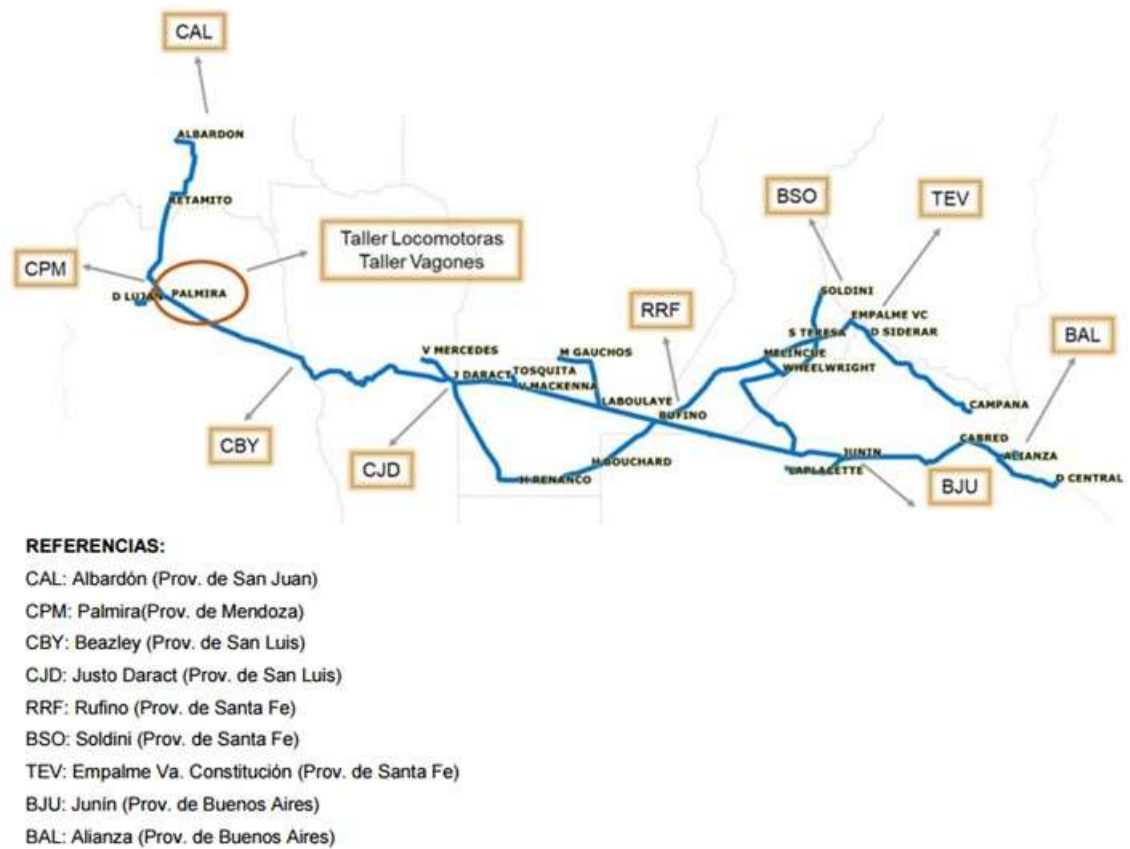
Distribución de unidades por trocha

Trocha Ancha:	Trocha Media:	Trocha Métrica:
Plataforma con piso: 130	Plataforma con piso: 70	Plataforma con piso: 100
Plataforma espina: 200	Plataforma espina: 100	Plataforma espina: 100
Tolva minera: 750	Tolva balasto: 130	Tolva balasto: 200
Tolva granera: 650	Tolva granera: 150	Tolva granera: 500
Borde alto carbonero: 200	Borde alto: 100	Borde alto: 100

Puntos de mecánica del FCGSM

La Figura 3 presenta los principales puntos de mecánica del Ferrocarril General San Martín (FCGSM), abarcando talleres, estaciones logísticas y nodos operativos críticos asociados al mantenimiento del material rodante. Este esquema permite visualizar la distribución territorial de los puntos de asistencia técnica, relevantes para comprender la organización operativa del sistema.

Figura 3: Puntos de mecánica del Ferrocarril General San Martín



Elaboración propia a partir de BCyL, 2017

3. Situación actual de las Regiones a intervenir en el Proyecto

3.1. Taller de Locomotoras Ciudad de Mendoza.

El Taller de Locomotoras del Ferrocarril General San Martín (FCGSM) se localiza en un predio de aproximadamente 16 ha en la Sexta Sección de la Ciudad de Mendoza, delimitado por las calles Tiburcio Benegas, Suipacha, Joaquín V. González y Perú. De acuerdo con los registros del Ministerio de Transporte (2018), este predio forma parte histórica del complejo ferroviario que incluía la estación de pasajeros, la playa de maniobras y diversas naves dedicadas al mantenimiento de coches y locomotoras.

Los antecedentes muestran que la actividad ferroviaria en Mendoza se consolidó a partir de finales del siglo XIX como nodo estratégico para el transporte de cargas y pasajeros entre Cuyo y la región central del país (Lacoste & Richard-Jorba, 2016). En este contexto, el taller constituye una de las infraestructuras críticas del sistema regional, tanto para la operación como para la disponibilidad del parque tractivo del FCGSM.

La Figura 4 ilustra la ubicación actual del predio ferroviario y la distribución de sus áreas funcionales principales, conforme la cartografía urbana disponible.

Figura 4: Ubicación Taller Actual Sexta Sección Ciudad de Mendoza

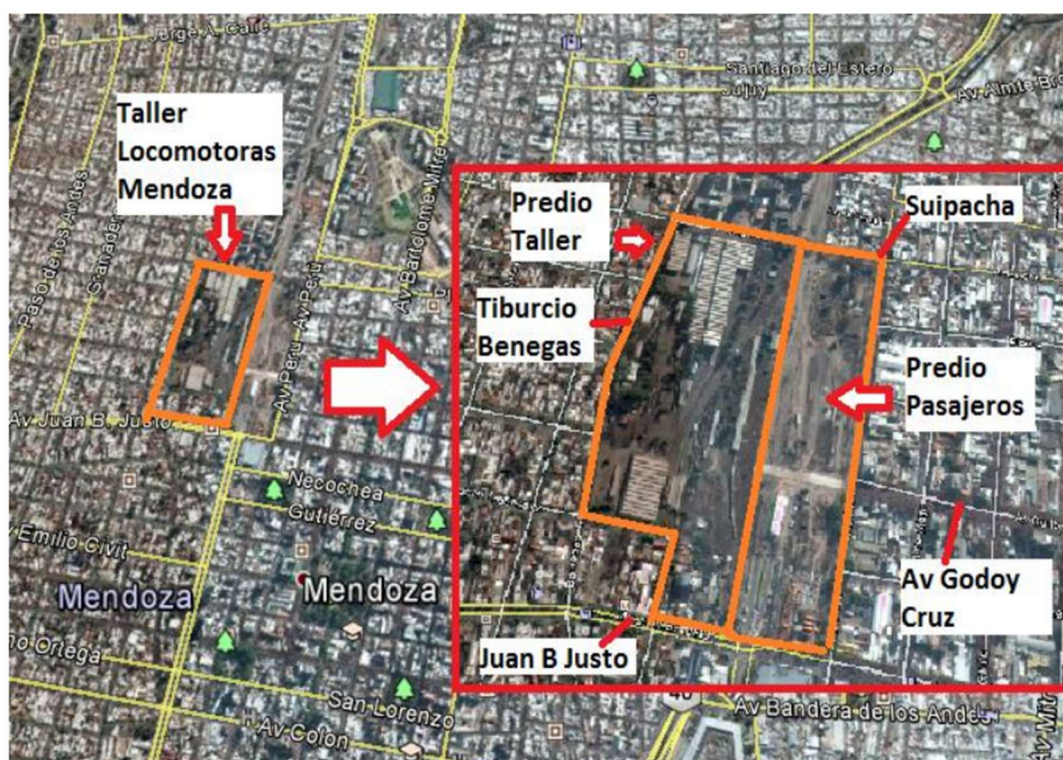


Figura 5: Ubicación del Taller de Locomotoras - Sexta Sección. Ciudad de Mendoza.



Elaboración propia con base en imágenes satelitales de Google Earth (2024).

Las instalaciones del taller comprenden dos naves principales, donde se desarrollan actividades de mantenimiento correctivo y preventivo de locomotoras, un depósito de órganos de parque, un almacén de insumos y materiales, áreas de lavado y bancos de prueba. Asimismo, el predio cuenta con oficinas administrativas que originalmente pertenecieron a dependencias del Ferrocarril General San Martín y que actualmente se encuentran asignadas a organismos nacionales y provinciales.

Accesibilidad y problemática operativa actual

El acceso principal al taller se realiza desde el norte mediante una vía simple que atraviesa un entramado urbano consolidado. A lo largo de este tramo, las locomotoras deben transponer dieciséis pasos a nivel (PAN), varios de ellos con condiciones deficientes de señalización y seguridad vial, según informes del Observatorio Vial de la Provincia (Dirección de Seguridad Vial, 2022). Esta situación genera restricciones severas a la velocidad de circulación ferroviaria y aumenta el riesgo operacional para trenes y peatones.

En el sector próximo al Aeropuerto Internacional El Plumerillo, las vías conectan con la vía principal hacia el este, que deriva el tráfico hacia Palmira, en el departamento de San Martín, donde se propone la construcción del nuevo complejo de talleres. Aunque la distancia entre ambos puntos es de aproximadamente 40 km, el traslado de locomotoras puede demandar hasta cuatro horas, debido a las limitaciones operativas, detenciones obligadas en los PAN y velocidades reducidas, que en algunos sectores no superan los 15 km/h (Ministerio de Transporte, 2021).

El carácter urbano del entorno del taller actual genera, además, conflictos territoriales y ambientales, como interferencias con el tránsito vehicular, restricciones de expansión y limitaciones en el manejo de cargas peligrosas. Por ello, diversos planes estratégicos propusieron relocalizar instalaciones ferroviarias fuera de zonas densamente pobladas y fomentar su reconversión para uso urbano compatible, como corredores verdes o equipamientos comunitarios (IDR Mendoza, 2020). En coincidencia con estos lineamientos, se

sugiere considerar el impacto positivo en el desarrollo urbano que tendría la desafectación del predio al mudar la operatividad ferroviaria a Palmira.

3.2. Taller de la Ciudad de Palmira. Ubicación del Proyecto.

La Ciudad de Palmira, situada en el departamento de San Martín (provincia de Mendoza), constituye uno de los nodos logísticos más relevantes del corredor bioceánico central argentino. Su localización estratégica —aproximadamente a 40 km de la capital provincial— la posiciona como un punto clave en la conexión ferroviaria entre Buenos Aires, Mendoza y Santiago de Chile. Esta red constituye un eje estructurante para el transporte de cargas a escala nacional e internacional, lo cual otorga a Palmira un rol estratégico para el desarrollo y la operación del Ferrocarril General San Martín (Unidad de Planificación Territorial, 2020).

Figura 6: Ubicación de la Ciudad de Palmira



Elaboración propia con base en IGN Argentina (2024).

La Figura 6 muestra la ubicación de Palmira en relación con Mendoza y con los principales accesos ferroviarios, permitiendo comprender el rol de la ciudad como puerta de entrada a la red ferroviaria hacia el Este provincial.

En la Figura 6, también se identifican los trazados ferroviarios actualmente operativos y aquellos correspondientes a antiguas líneas de pasajeros, facilitando la lectura del sistema ferroviario que converge en Palmira. La presencia de estos corredores explica la elección de este emplazamiento para el proyecto del nuevo taller, dado que se trata de un punto con accesibilidad consolidada y relevancia territorial dentro del sistema de cargas.

3.3. Situación actual del predio ferroviario de Palmira.

El área destinada al proyecto se localiza al norte del casco urbano de Palmira y posee una superficie aproximada de 1.172.000 m². Su borde sur y este limita con áreas residenciales consolidadas, mientras que hacia el oeste se ubica el río Mendoza y hacia el norte la Ruta Provincial 50, eje que organiza la conectividad regional (Ministerio de Transporte, 2021).

La Figura 7 permite visualizar con claridad los límites del predio y su articulación con el entorno urbano inmediato.

Figura 7: Localización del predio.



3.3.1 Caracterización territorial y funcional.

Por su extensión, continuidad ferroviaria y ubicación estratégica, el predio constituye uno de los espacios de mayor potencial para el desarrollo de infraestructura ferroviaria en la región. Históricamente, este sector albergó instalaciones vinculadas a la actividad del FCGSM, lo que favorece su reutilización y reduce los costos de adecuación del suelo, un aspecto destacado en planes provinciales de infraestructura (IDR Mendoza, 2020).

La Figura 8 muestra los vínculos espaciales entre el predio y sus áreas circundantes, donde se observan corredores viales, zonas urbanas consolidadas y espacios productivos.

Figura 8: Localización del predio (Detalles entorno)



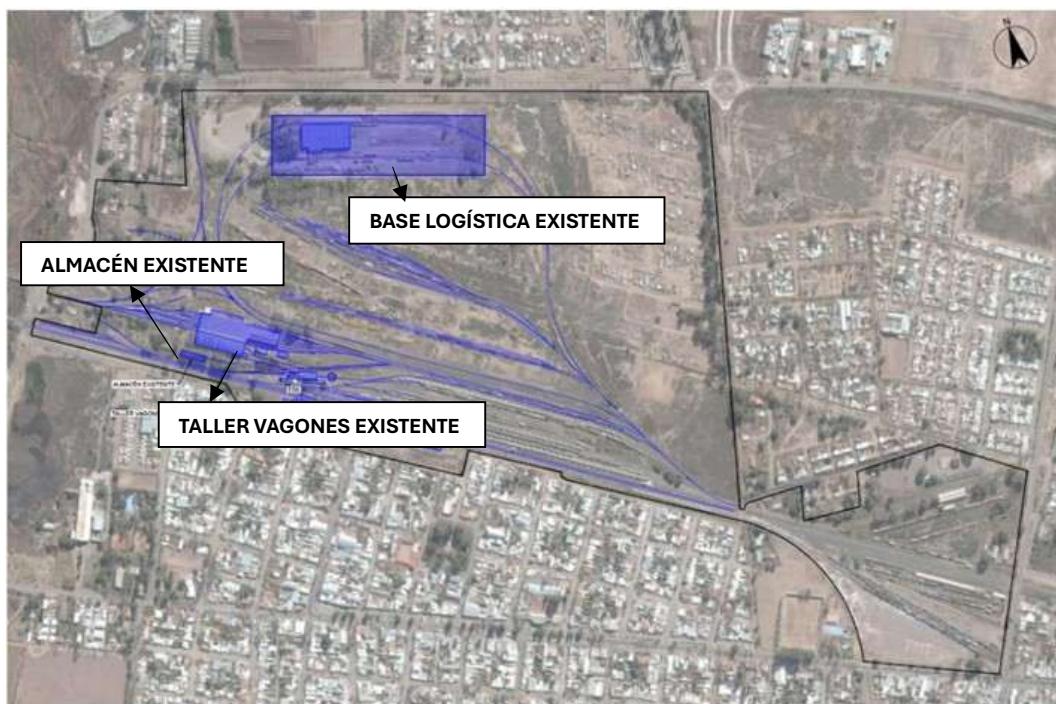
3.3.2 Infraestructura ferroviaria existente.

El predio conserva instalaciones operativas y sectores en uso activo por parte del FCGSM. Entre ellas:

- vías principales y secundarias,
- playas de maniobras,
- sectores de estacionamiento de material rodante,
- áreas destinadas al mantenimiento de vagones.

La Figura 9 representa gráficamente la configuración actual del sistema ferroviario interno, evidenciando la distribución de vías y su relación con el tejido urbano.

Figura 9: Situación actual del predio



Elaboración propia a partir de imágenes satelitales (2024).

Estas infraestructuras constituyen un insumo fundamental para la instalación del nuevo taller, ya que permiten aprovechar trazados existentes y minimizar intervenciones de alta complejidad técnica.

3.3.3 Entorno inmediato y actividades vigentes

El predio forma parte de un entorno mixto, donde conviven sectores urbanos, áreas productivas y espacios ferroviarios en operación.

Las vistas aéreas permiten interpretar la escala territorial del predio, sus vacíos internos, áreas intervenidas y continuidad ferroviaria. La Figura 10 muestra una panorámica hacia el Este, destacando la magnitud de la playa de vías y su relación con la trama urbana.

Figura 10: Vista aérea hacia el Este.



Actualmente alberga:

- un taller de mantenimiento de vagones y su almacén,
- una base logística,
- una Estación de Servicio para abastecimiento (EDS),
- y una playa de vías destinada a maniobras y estacionamiento de trenes.

La Figura 11 presenta una vista aérea del sector sureste, donde se pueden identificar áreas operativas, zonas de reserva y sectores de uso residual.

Figura 11: Vista aérea entorno del anteproyecto. Vista hacia el sureste.



3.3.4 Base logística y área operativa

Una parte del predio se destina a actividades logísticas vinculadas al almacenamiento de contenedores y al soporte operativo del transporte de cargas. Esta función se observa en la Figura 12, donde se aprecia el galpón logístico y las playas operativas asociadas.

Figura 12: Base Logística.



La integración entre las áreas ferroviarias activas y la base logística existente representa una ventaja significativa para el anteproyecto, ya que simplifica la futura articulación operativa del nuevo taller.

3.3.5 Accesos viales y ferroviarios

El predio se articula mediante accesos ferroviarios directos y conexiones viales de jerarquía, entre ellas la Ruta Provincial 50 y la Ruta Nacional 7. La Figura 13 muestra los accesos viales y ferroviarios que conectan Palmira con el corredor logístico provincial.

Figura 13: Acceso Vial y Ferroviario.



La presencia de estas infraestructuras asegura continuidad funcional, facilita la circulación de locomotoras y vagones, y refuerza la idea del emplazamiento seleccionado para el proyecto.

4. Mantenimiento de Material Rodante.

El mantenimiento de material rodante constituye un componente esencial para garantizar la continuidad operativa, la seguridad ferroviaria y la disponibilidad de la flota en sistemas de transporte modernos. En el sector ferroviario, la confiabilidad de locomotoras, coches y vagones depende directamente de la capacidad de los operadores para anticipar, corregir y controlar fallos a través de estrategias de mantenimiento estructuradas. Tanto la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) como la Organización Internacional de Normalización (ISO) establecen lineamientos que orientan la gestión del mantenimiento y que permiten organizar los procesos con criterios de calidad, trazabilidad y eficiencia (UIC, 2018; ISO, 2016).

En este marco, el mantenimiento evoluciona de modelos reactivos hacia enfoques predictivos basados en datos, lo que transforma la forma en que los operadores gestionan su infraestructura móvil. Estos principios resultan fundamentales para comprender y justificar la propuesta de modernización del taller ferroviario analizado en este proyecto.

4.1. Conceptos generales de mantenimiento ferroviario

La UIC define el mantenimiento ferroviario como el conjunto de actividades técnicas destinadas a asegurar que los vehículos ferroviarios se mantengan en condiciones de funcionamiento seguras y confiables durante todo su ciclo de vida (UIC, 2018). Esta definición incluye tareas de inspección, reparación, sustitución de componentes, pruebas operativas y actividades de monitoreo continuo.

Por su parte, la norma ISO 55000 establece que la gestión del mantenimiento forma parte de la administración estratégica de activos y busca optimizar el rendimiento, controlar riesgos y garantizar que los activos cumplan su función prevista con un costo razonable durante toda su vida útil (ISO, 2016). En el caso ferroviario, este enfoque se vuelve especialmente relevante debido a la magnitud de las flotas, la criticidad operativa del sistema y la necesidad de minimizar interrupciones en el servicio.

En sistemas ferroviarios modernos, el mantenimiento se orienta a tres objetivos principales:

- Maximizar la disponibilidad y confiabilidad de la flota.
- Reducir fallas que comprometan la seguridad operativa.
- Optimizar los costos de ciclo de vida de los trenes y sus componentes.

La transición hacia modelos de mantenimiento basados en condición refleja una tendencia global hacia la digitalización ferroviaria y la integración de tecnologías como sensores, análisis de vibraciones, termografía, inteligencia artificial y monitoreo en tiempo real (López-Pita & Robusté, 2020). Estos avances permiten tomar decisiones informadas y reducir intervenciones innecesarias, mejorando la eficiencia del sistema.

4.2. Tipologías de mantenimiento

El mantenimiento ferroviario adopta distintas tipologías que responden a las características del material rodante, al entorno operativo y a los objetivos de gestión. Históricamente, las empresas ferroviarias aplican tres tipos principales: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo o basado en condición.

4.2.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo reúne las acciones que se ejecutan una vez que el fallo ya se manifiesta. Su objetivo es restaurar el funcionamiento del vehículo o componente afectado en

el menor tiempo posible. Este enfoque se caracteriza por su naturaleza reactiva, ya que depende de la detección de una avería para iniciar las intervenciones (Albrecht et al., 2019).

Existen dos variantes:

- Correctivo inmediato: se actúa de forma directa ante la falla, utilizando los recursos disponibles en el momento.
- Correctivo diferido: la reparación se planifica cuando las condiciones de operación permiten detener la unidad sin comprometer la seguridad ni la disponibilidad.

Si bien este tipo de mantenimiento resulta necesario en situaciones imprevistas, su aplicación habitual genera mayores riesgos, costos operativos elevados y pérdida de disponibilidad de la flota.

4.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo incluye actividades destinadas a evitar que la falla ocurra. Estas intervenciones se ejecutan con una periodicidad programada, establecida según kilometraje, tiempo de uso o criterios técnicos definidos por normas y fabricantes (UIC, 2018).

Se divide principalmente en dos enfoques:

- Preventivo sistemático: se ejecuta con una frecuencia fija, independientemente del estado del componente.
- Preventivo basado en uso: se desencadena cuando el vehículo alcanza un determinado patrón de utilización (horas, ciclos, kilómetros recorridos).

Este tipo de mantenimiento permite reducir incertidumbres y evitar fallos críticos; sin embargo, puede ocasionar reemplazos prematuros y costos innecesarios si no se ajusta a la condición real del activo.

Cabe destacar que actualmente, este método de mantenimiento correctivo/preventivo es el que se emplea en el material rodante del Ferrocarril San Martín.

4.2.3. Mantenimiento predictivo (CBM – Condition Based Maintenance)

El mantenimiento predictivo representa el nivel más avanzado de gestión y se basa en la observación continua del estado real del activo mediante sistemas de monitoreo y diagnóstico. A diferencia del preventivo, no depende de intervalos fijos, sino de indicadores objetivos de desgaste, vibración, temperatura, lubricación, entre otros (Barszcz et al., 2021).

Este enfoque incorpora:

- Sensores embebidos en bogies, motores y transmisiones.
- Análisis espectral de vibraciones.
- Termografía infrarroja para detectar anomalías térmicas.
- Sistemas automáticos de medición instalados en vía.
- Modelos de inteligencia artificial para anticipar fallas.

El objetivo radica en predecir el momento óptimo de intervención, reduciendo costos de mantenimiento, aumentando la confiabilidad de la flota y prolongando la vida útil de los

componentes. La industria ferroviaria internacional adopta progresivamente este enfoque como estándar, especialmente en proyectos de modernización y renovación de talleres.

4.3. Comparación entre Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo

La gestión del mantenimiento ferroviario se apoya en la selección adecuada de la estrategia de intervención. Cada tipología —correctiva, preventiva y predictiva— presenta niveles diferenciados de complejidad, costo y eficiencia. Por lo tanto, resulta necesario comparar estos enfoques para comprender su impacto en la disponibilidad de la flota, en la seguridad operacional y en la sostenibilidad económica del sistema ferroviario.

En primer lugar, el mantenimiento correctivo actúa únicamente después de la falla. Es el tipo de intervención más tradicional y se aplica cuando la avería ya compromete la operación del material rodante. Este enfoque responde a emergencias, pero genera costos elevados, riesgos de seguridad y tiempos muertos significativos. La literatura especializada lo describe como una estrategia necesaria para eventos inesperados, aunque no recomendable como método principal de gestión (Albrecht et al., 2019).

En contraste, el mantenimiento preventivo se basa en la programación de intervenciones antes de que ocurra el fallo. Para ello utiliza intervalos de tiempo, ciclos de uso o kilometraje como referencia. Esta estrategia disminuye la probabilidad de fallas críticas y permite planificar los recursos con anticipación. Sin embargo, presenta limitaciones asociadas a la sustitución prematura de componentes, especialmente cuando el desgaste real no coincide con los supuestos del plan de mantenimiento (UIC, 2018).

La evolución natural de estas prácticas es el mantenimiento predictivo o basado en condición (CBM). Este enfoque utiliza datos reales del comportamiento de los componentes, obtenidos mediante sensores, monitoreo continuo, análisis de vibraciones, termografía y sistemas inteligentes de diagnóstico. Su objetivo es anticipar el momento exacto en que un elemento se aproxima a su fin de vida útil o a un comportamiento anómalo. De esta forma, permite intervenir únicamente cuando es necesario y no antes, lo que reduce costos, mejora la confiabilidad y extiende la vida útil de los equipos (Barszcz et al., 2021).

Las comparaciones internacionales muestran que los operadores ferroviarios que adoptan modelos predictivos logran mejorar significativamente los indicadores clave de desempeño, como disponibilidad, fiabilidad y costos por kilómetro recorrido. Además, la digitalización del mantenimiento permite tomar decisiones basadas en evidencia, lo que incrementa la seguridad operacional y reduce la variabilidad en los procesos de taller (López-Pita & Robusté, 2020).

Desde una perspectiva estratégica, la integración de estas tres tipologías permite conformar un sistema de mantenimiento maduro, donde el correctivo atiende emergencias, el preventivo asegura la estabilidad operativa y el predictivo impulsa la optimización de largo plazo. Esta articulación resulta indispensable en proyectos de modernización, donde la planificación de nuevas instalaciones debe contemplar equipamiento diagnóstico, infraestructura digital y metodologías normalizadas que respondan a estándares UIC e ISO.

4.4. Tecnologías aplicadas al mantenimiento predictivo ferroviario

El mantenimiento predictivo ferroviario se basa en la capacidad de anticipar fallos mediante el análisis de datos reales obtenidos de los componentes del material rodante. Esta estrategia requiere tecnologías específicas que permiten registrar, transmitir y procesar información en tiempo real. En los últimos años, la integración de sensores inteligentes, estaciones de monitoreo y herramientas avanzadas de análisis ha transformado la forma en que las

operadoras ferroviarias gestionan la infraestructura y el material rodante. A continuación, se describen las tecnologías más utilizadas en sistemas predictivos modernos.

4.4.1. Sensores embebidos

Los sensores embebidos se integran en componentes críticos de locomotoras y vagones. Estos sensores permiten medir variables como temperatura, presión, deformaciones, aceleraciones y niveles de vibración. Su función es entregar información continua sobre el estado físico del equipo para identificar desviaciones respecto de los valores normales.

Las normas de la Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) recomiendan el uso de sensores embebidos como parte de los sistemas de observación continua de bogies y frenos, especialmente en flotas que operan en largas distancias (UIC, 2018). La implementación de estos sensores reduce la incertidumbre del comportamiento mecánico y permite intervenir antes de que se produzca una falla crítica.

4.4.2. Monitoreo de vibraciones

El análisis de vibraciones es una técnica clave para detectar desbalanceos, holguras, fallas en rodamientos y problemas en motores de tracción. Las vibraciones anómalas suelen anticipar etapas tempranas de desgaste, por lo que constituyen un indicador confiable del estado operativo.

Diversos estudios señalan que los sistemas ferroviarios que incorporan monitoreo vibracional logran tasas más altas de disponibilidad y una reducción significativa de fallas inesperadas (Barszcz et al., 2021). Esta tecnología se integra mediante acelerómetros instalados en bogies, cajas de grasa y equipos rotativos esenciales.

4.4.3. Termografía

La termografía infrarroja permite identificar variaciones térmicas en frenos, motores, sistemas de transmisión y componentes eléctricos. Cuando un elemento muestra una temperatura inusual, el sistema puede anticipar fricción excesiva, pérdida de lubricación o fallas eléctricas.

En el ámbito ferroviario, la termografía se emplea tanto en estaciones de inspección automática como en recorridos técnicos. Es una herramienta especialmente útil para detectar sobrecalentamientos en rodamientos, una de las causas más frecuentes de descarrilamientos en sistemas de transporte de carga (AAR, 2020).

4.4.4. Sistemas de diagnóstico en vía

Los sistemas de diagnóstico en vía consisten en equipos instalados a lo largo de la infraestructura ferroviaria que capturan datos mientras el tren circula a velocidad normal. Estos sistemas incluyen:

- Detectores de cajas calientes.
- Medidores de carga por eje.
- Sensores de perfil y desgaste de ruedas.
- Cámaras de alta velocidad para inspección automática.

Estos dispositivos permiten evaluar la condición del material rodante sin necesidad de detener la operación, lo que optimiza los tiempos de inspección y evita interrupciones en el servicio. Las recomendaciones de la Association of American Railroads (AAR) establecen que los detectores de cajas calientes deben ubicarse estratégicamente para cubrir sectores críticos de la red (AAR, 2020).

4.4.5. Estaciones de medición automática

Las estaciones de medición automática complementan los sensores embebidos y los sistemas en vía. Estas estaciones realizan mediciones periódicas de parámetros como:

- Perfil de rueda.
- Desgaste de frenos.
- Estado de resortes y amortiguadores.
- Defectos geométricos en el material rodante.

Este tipo de tecnología permite registrar la evolución temporal del desgaste y generar curvas de tendencia, lo que facilita la planificación de intervenciones antes de que el componente llegue a su límite operativo.

4.4.6. Telemetría, Big Data y análisis inteligente

La digitalización del mantenimiento ferroviario se apoya en sistemas de telemetría que envían datos desde las locomotoras y vagones hacia centros de análisis. El uso de plataformas de Big Data permite procesar grandes volúmenes de información para identificar patrones de fallas, calcular pronósticos y optimizar planes de mantenimiento.

Según López-Pita y Robusté (2020), la incorporación de análisis inteligente permite aumentar la confiabilidad del sistema, mejorar los indicadores de disponibilidad y reducir costos operativos mediante modelos de mantenimiento basados en condición.

5. El Anteproyecto Palmira

5.1. Alcance del Anteproyecto

Este Anteproyecto plantea la construcción de un nuevo taller de locomotoras y la repotenciación del taller de vagones del Ferrocarril General San Martín, en el hub ferroviario que BCyL opera en la localidad de Palmira, Provincia de Mendoza.

El Anteproyecto completo deberá consistir en lo siguiente:

- Construcción del nuevo taller de locomotoras, que reemplazará a las actuales instalaciones situadas en la Ciudad de Mendoza
- Ampliación de las instalaciones del actual taller de vagones situado en la localidad de Palmira, Provincia de Mendoza
- Construcción de un almacén unificado de repuestos y otros insumos, que atenderá a ambos talleres
- Construcción de áreas de servicio (oficinas, vestuarios, comedor, consultorios médicos, etc.), que atenderán a ambos talleres
- Provisión del equipamiento (máquinas y herramientas, elementos de izaje, bancos de prueba, etc.) y la infraestructura (transbordador, plantas de tratamiento de aguas, estación transformadora, etc.) necesarios para la operación de ambos talleres y del almacén
- Instalación de equipamiento para el desarrollo de las actividades de mantenimiento de locomotoras y vagones que, conforme la normativa vigente en la materia, garanticen una determinada disponibilidad (% de vehículos del parque total que se encuentran operativos a cabeza de tren) y confiabilidad (distancia media entre defectos mínima)
- Desarrollo de obras necesarias para puesta en valor (obras adicionales) de otros puntos de mecánica ubicados en las líneas ferroviarias a las que pertenecen los vehículos objeto del mantenimiento mencionado en el punto anterior
- Desarrollo de las actividades de mantenimiento de las instalaciones existentes (infraestructura y maquinarias), que garanticen la operatividad del taller

5.2. Análisis de COSTOS y BENEFICIOS del Anteproyecto

El análisis costo–beneficio del Anteproyecto Palmira constituye una herramienta fundamental para evaluar la conveniencia técnica, económica y social de la inversión propuesta. A diferencia de una enumeración descriptiva de ventajas, este enfoque permite contrastar de manera sistemática los costos asociados a la ejecución y operación del nuevo complejo ferroviario con los beneficios esperados a lo largo de su vida útil, considerando tanto impactos directos como indirectos.

En este sentido, el presente análisis se estructura a partir de la identificación de los principales costos de inversión y operación, y su comparación con los beneficios económicos, operativos y sociales derivados de la relocalización del taller de locomotoras, la ampliación del taller de vagones y la centralización de funciones en el hub ferroviario de Palmira. Si bien en esta instancia no se desarrollan cálculos financieros detallados, se establecen las bases conceptuales y técnicas necesarias para su posterior cuantificación en el Capítulo 7.

5.2.1. Costos asociados al Anteproyecto

Los costos del Anteproyecto Palmira pueden agruparse en costos de inversión inicial y costos de operación y mantenimiento.

Entre los costos de inversión inicial, se destacan principalmente:

- La construcción del nuevo taller de locomotoras, incluyendo obras civiles, infraestructura ferroviaria interna, playas de maniobra, fosas de mantenimiento y naves industriales especializadas.
- La ampliación y adecuación del taller de vagones existente en Palmira, con incorporación de nuevas áreas operativas y refuerzos estructurales.
- La ejecución del almacén unificado de repuestos e insumos, junto con edificios de apoyo (oficinas, vestuarios, comedor y servicios médicos).
- La provisión e instalación de equipamiento técnico específico, tales como puentes grúa, sistemas de izaje, bancos de prueba, maquinaria pesada, instalaciones eléctricas de potencia, estación transformadora y sistemas de tratamiento de efluentes industriales.

A estos costos se suman los costos de transición, vinculados a la relocalización de las actividades desde el predio ferroviario del centro de Mendoza hacia Palmira, incluyendo ajustes operativos, capacitación del personal y adecuación de procesos.

Por su parte, los costos de operación y mantenimiento incluyen el mantenimiento de la infraestructura y la maquinaria, el consumo energético, los servicios generales y el personal necesario para garantizar la operatividad continua del complejo.

5.2.2. Beneficios económicos y operativos

Desde el punto de vista económico-operativo, el anteproyecto genera beneficios directos que impactan sobre la eficiencia del sistema ferroviario y la estructura de costos de la operación.

Uno de los beneficios más relevantes es la reducción de tiempos improductivos asociados al traslado de locomotoras desde Palmira hasta el centro de la Ciudad de Mendoza para su mantenimiento. La localización del taller de locomotoras dentro del mismo hub ferroviario permite disminuir recorridos innecesarios, optimizar la programación de mantenimientos y aumentar la disponibilidad efectiva del parque tractivo.

Asimismo, la mayor disponibilidad de locomotoras operativas se traduce en una mejora en la capacidad de respuesta frente a una demanda creciente de transporte de cargas en el corredor, habilitando un incremento potencial en la facturación por servicios ferroviarios sin necesidad de incorporar nuevas unidades.

La centralización de funciones en Palmira también genera economías de escala, al compartir infraestructura, servicios generales, seguridad, almacenamiento y logística interna entre el taller de locomotoras y el de vagones. Esto resulta fundamental dado que las instalaciones actuales no cuentan con las condiciones ideales para el mantenimiento de las nuevas locomotoras. De este modo, el nuevo esquema permite reducir costos fijos recurrentes respecto de un sistema de talleres dispersos, mejorando la eficiencia global. Asimismo, la concepción del nuevo taller está orientada a la incorporación de nuevas tecnologías; si a esto se le suma la adopción de herramientas para el mantenimiento predictivo, se podrá contar con una mayor disponibilidad del material rodante.

5.2.3. Beneficios sociales y urbanos

Además de los beneficios económicos, el anteproyecto Palmira presenta impactos positivos desde una perspectiva social y urbana.

La desafectación del actual predio ferroviario ubicado en el centro de la Ciudad de Mendoza contribuye a la reducción de externalidades negativas, tales como ruidos asociados a maniobras ferroviarias, emisiones sonoras de señalización y riesgos vinculados a la circulación ferroviaria en zonas densamente pobladas.

En este marco, la liberación de aproximadamente 15 a 16 hectáreas de suelo urbano de alto valor posibilita el desarrollo de proyectos de reconversión urbana orientados a usos residenciales, administrativos, recreativos o de servicios, generando un impacto positivo en la calidad de vida de la población y en la valorización del entorno.

Adicionalmente, la eliminación de pasos ferroviarios conflictivos y la reorganización del trazado permiten mejorar la circulación vial y peatonal en corredores estratégicos de la ciudad, como el eje Este–Oeste, contribuyendo a una mayor seguridad y fluidez del tránsito urbano.

5.2.4. Síntesis del análisis costo–beneficio

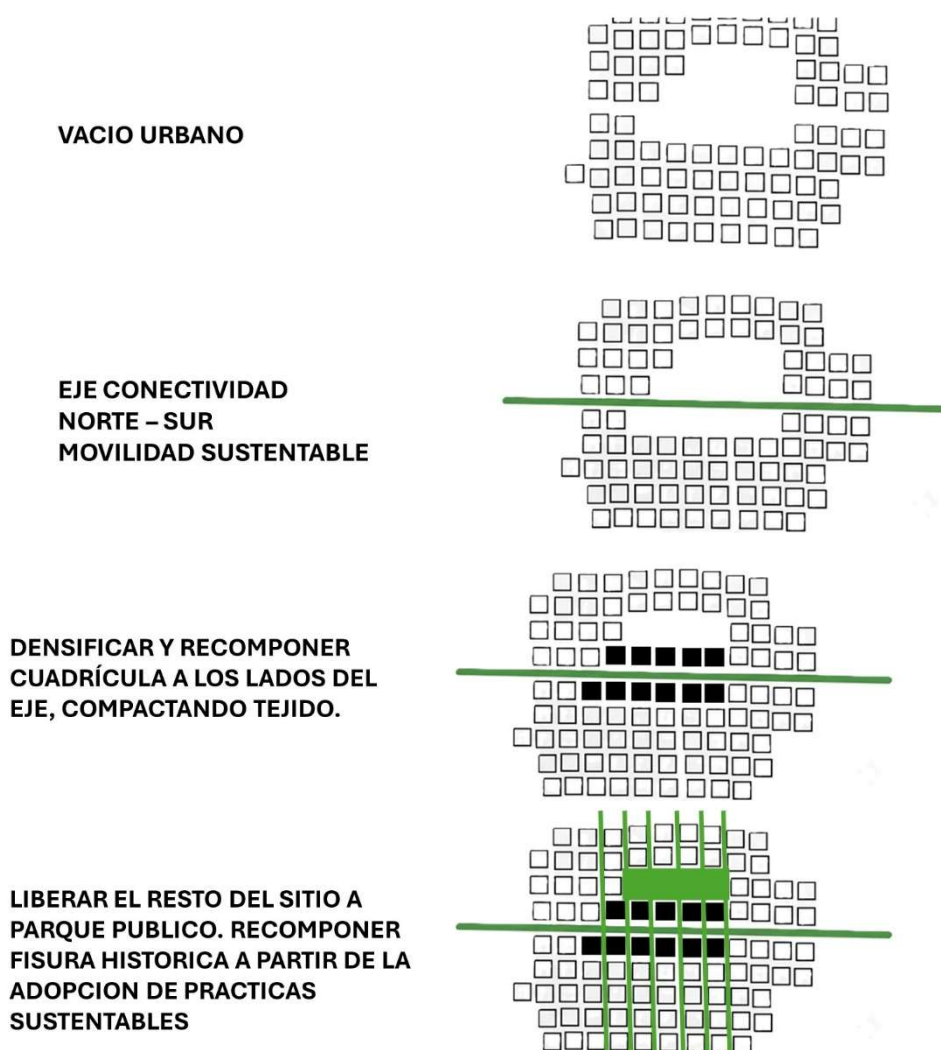
Este enfoque integral demuestra que el anteproyecto Palmira no debe ser evaluado únicamente como una obra de infraestructura, sino como una inversión estratégica destinada a fortalecer la sostenibilidad operativa del sistema ferroviario y a generar beneficios estructurales para la región.

En este contexto, los beneficios sociales y urbanos asociados a la relocalización del taller ferroviario se ven claramente reflejados en la reorganización territorial del Área Metropolitana de Mendoza. Tal como se observa en la Figura 14, la ubicación actual del taller dentro del tejido urbano consolidado genera una ocupación estratégica de suelo que resulta incompatible con las dinámicas contemporáneas de movilidad, seguridad y desarrollo urbano. Asimismo, la Figura 15 ilustra de manera esquemática una posible estrategia de reconversión del predio liberado, orientada a la creación de espacios públicos, la mejora de la conectividad norte–sur y la densificación controlada del entorno, reforzando el impacto positivo del anteproyecto más allá de la esfera ferroviaria. Estas representaciones permiten visualizar que la intervención propuesta no solo optimiza el sistema de mantenimiento ferroviario, sino que también actúa como catalizador de procesos de regeneración urbana sostenible.

Figura 14: Ubicación del Taller dentro del Área Metropolitana de Mendoza.



Figura 15: Posible proyecto de urbanización.



Vacío Urbano: Se identifica un área donde la trama de la ciudad se ve interrumpida. No es sólo un espacio sin edificios, sino un lugar que no tiene una función clara en la urbanización.

Eje de conectividad Norte-Sur: Se propone una línea de acción (la línea verde), que actuará como “columna vertebral” del proyecto. Representa **movilidad sustentable** (ciclovías, sendas peatonales o transporte limpio). Se busca unir dos puntos de la ciudad que antes de encontraban desconectados.

Densificar, recomponer y compactar: En lugar de construir en forma dispersa, el diseño propone agrupar los edificios (cuadrados negros), junto al eje central. Al poner más actividad y personas cerca del “eje verde”, se logra que el transporte público o la caminata sean más eficientes. Se “rellenan los huecos” para que la ciudad no se desparrame.

Liberar y recomponer: Al concentrar los edificios en una zona específica (densificar), se logra una ganancia de espacio en el resto del terreno que bien puede convertirse en un gran pulmón verde. Bajo este paradigma de urbanismo regenerativo, la propuesta busca desarticular esa fisura existente, para crear un nuevo lugar sustentable.

6. Diseño Conceptual del Anteproyecto.

El presente capítulo tiene por objetivo establecer los lineamientos generales del diseño conceptual del Anteproyecto Palmira, definiendo criterios técnicos de implantación y organización funcional de las infraestructuras asociadas al nuevo Taller de Locomotoras y sus servicios de apoyo. En esta etapa se evalúan alternativas de localización, configuraciones espaciales y decisiones estratégicas que condicionan el desempeño operativo, la eficiencia logística y la posibilidad de expansión futura del sistema.

El análisis se aborda desde una perspectiva integral del predio ferroviario, considerando la coexistencia y articulación entre instalaciones nuevas y preexistentes. En particular, la determinación de la ubicación óptima del nuevo Taller de Locomotoras constituye el eje central del capítulo, dado que dicha decisión condiciona la organización general del conjunto y la compatibilidad funcional con el resto de los componentes operativos del complejo.

6.1. Alternativas de instalación dentro del predio

Para el estudio de la ubicación óptima del nuevo taller de locomotoras dentro del predio ferroviario de Palmira, se estableció un conjunto de criterios técnicos orientados a garantizar la eficiencia operativa, la seguridad de las maniobras y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Cabe aclarar que el presente análisis se focaliza en la localización del nuevo Taller de Locomotoras y en la organización de las áreas de apoyo directamente vinculadas a su operación. El Taller de Vagones se considera como una instalación preexistente dentro del predio, incorporada en el análisis únicamente a efectos de compatibilidad funcional, interferencias y articulación de circulaciones y servicios. En consecuencia, la elección del emplazamiento del Taller de Locomotoras resulta determinante para la configuración del conjunto y para la eficiencia del sistema de movimientos internos.

6.1.1. Criterios de evaluación

Las alternativas de localización fueron evaluadas en función de los siguientes criterios principales:

- **Acceso ferroviario**, priorizando la vinculación directa con las vías principales y la minimización de interferencias operativas.
- **Acceso vial**, considerando la conectividad con la red urbana e industrial existente.
- **Acceso a servicios**, incluyendo energía eléctrica, agua, desagües y telecomunicaciones.
- **Impacto sobre la operación del patio ferroviario**, buscando reducir cruces, maniobras complejas y conflictos de circulación.
- **Capacidad de ampliación futura**, en función del crecimiento previsto del parque tractivo y de las demandas operativas.

6.1.2. Alternativas identificadas

En función de la situación actual del predio y de los criterios establecidos, se identificaron cuatro posibles localizaciones para la implantación del nuevo taller de locomotoras:

Opción 1: Zona ubicada detrás del actual taller de vagones.

Opción 2: Zona correspondiente al predio antiguo de YPF, actualmente en condición de uso irregular.

Opción 3: Zona central del predio ferroviario.

Opción 4: Sector ocupado por tanques de aceites y combustibles.

Figura 16: Alternativas de localización



Elaboración propia con base Google Earth (2024)

6.1.3. Análisis preliminar y descarte de alternativas

A partir de un análisis técnico preliminar, se procedió al descarte de las **Opciones 3 y 4**, debido a que ambas presentan superficies insuficientes para el desarrollo del programa funcional requerido y generan restricciones significativas para la operación ferroviaria y la expansión futura. Asimismo, su localización resulta poco favorable en términos de maniobras, seguridad y compatibilidad con el resto de las instalaciones existentes.

En consecuencia, el análisis detallado se concentró en las **Opciones 1 y 2**, las cuales presentan condiciones más favorables para la implantación del nuevo taller de locomotoras.

6.1.4. Evaluación multicriterio de las alternativas

Con el objetivo de fundamentar de manera objetiva la selección del emplazamiento del nuevo taller de locomotoras dentro del predio ferroviario de Palmira, se aplicó una matriz de evaluación multicriterio. Esta metodología permite comparar las alternativas identificadas a partir de un conjunto de criterios técnicos, operativos, económicos y de riesgo, ponderados según su relevancia para el funcionamiento integral del proyecto.

Los criterios de evaluación fueron definidos en función de los requerimientos operativos del taller, las restricciones del predio y las observaciones surgidas durante el análisis preliminar de alternativas.

Tabla 1: Tabla Matriz multicriterio para la selección de la alternativa de localización.

Criterio de evaluación	Peso (%)	Opción 1 (Zona detrás del taller de vagones)	Opción 2 (Predio antiguo YPF – zona usurpada)
Acceso ferroviario directo y maniobras	25	5	3
Integración operativa con taller de vagones y almacén	20	5	2
Impacto sobre la operación actual del patio	15	4	3
Capacidad de ampliación futura	15	4	5
Riesgos legales y de dominio	15	5	1
Inversión adicional en infraestructura ferroviaria	10	4	2
Puntaje ponderado total	100	4,6	2,9

Cada criterio se calificó del 1 al 5 (donde 5 es la condición más favorable y 1 la más crítica) y se le asignó un peso (%) que representa su importancia estratégica en el éxito de la operación.

Significado de los Criterios de Evaluación

- Acceso Ferroviario directo y maniobras (25%): Evalúa la facilidad para que los trenes ingresen al predio sin complicaciones logísticas. Es el criterio de mayor peso porque determina la viabilidad operativa básica.
- Integración operativa con taller y almacén (20%): Mide la cercanía y sinergia con la infraestructura existente. Se busca minimizar tiempos de traslado entre el área de trabajo y los repuestos/talleres.
- Impacto sobre la operación actual del patio (15%): Analiza si la nueva obra o actividad interferirá negativamente con el movimiento diario de trenes que ya funciona en el sector.
- Capacidad de ampliación futura (15%): Considera si el terreno permite que el proyecto crezca a largo plazo o si está limitado por barreras físicas o linderos.
- Riesgos legales y de dominio (15%): Evalúa la situación de la tenencia del suelo. (Nótese que la Opción 2 puntúa muy bajo aquí debido a su condición de "zona usurpada").
- Inversión adicional en infraestructura (10%): Estima cuánto capital extra se requiere para poner las vías en condiciones. A mayor puntaje, menor es la inversión necesaria.

Análisis de resultados

Tal como se observa en la Tabla, la Opción 1 (Zona detrás del taller de vagones) presenta el mayor puntaje ponderado total. Este resultado se explica principalmente por su disponibilidad inmediata, la ausencia de conflictos legales, la facilidad de integración funcional con las instalaciones existentes y la reducción de inversiones adicionales en infraestructura ferroviaria y accesos.

Si bien la Opción 2 ofrece una mayor superficie potencial para expansión, los riesgos asociados a la situación dominial del predio, la necesidad de mayores inversiones en infraestructura y la duplicación de accesos operativos reducen significativamente su conveniencia desde una perspectiva técnica y económica.

6.1.5. Selección de la alternativa óptima

En función del análisis multicriterio realizado, se determina que la Opción 1 (Zona detrás del taller de vagones) constituye la alternativa más conveniente para la implantación del nuevo taller de locomotoras y del almacén unificado, al garantizar una solución técnicamente viable, operativamente eficiente y con menor nivel de riesgo para la ejecución del proyecto.

Tabla 2: Ventajas y desventajas de los predios.

OPCIÓN 1 (Zona detrás de taller de vagones)		OPCIÓN 2 (Zona predio antiguo YPF/ predio usurpado)	
VENTAJAS	INCONVENIENTES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Disponibilidad inmediata predio	Existencia de balsa de aceite/petróleo	Posibilidad de recuperación terreno usurpado/limitar avance	Actualmente usurpado (en proceso de judicialización)
Posibilidad de unificación de servicios (vestuarios, comedores, cuartos técnicos, etc.)	Anulación de: - Playa de vías tras el taller de vagones. - Desvío de cereal (actualmente sin uso).	Parcela extensa. Facilidad de ampliación (necesidad remota).	Mayor inversión en infraestructura de vía.
Fácil unificación de la tornería pesada y almacén de ambos talleres.	Necesidad de reponer: - Triángulo de maniobra. - Pozo y tanque de suministro de agua.	Cercanía con otros proyectos logísticos e industriales (PASIP).	Excesiva distancia entre talleres para unificación eficiente de tornería pesada y almacén (duplicación).
Accesos unificados a zona industrial.	Concentración de la edificación en zona oeste del predio.	Mayor equilibrio urbanístico y aumento de la seguridad (al ocupar de una forma uniforme el predio).	Duplicación de accesos.
Liberación espacio almacén actual de vagones.		Posibilidad de aumento de posiciones de mantenimiento y ubicación delantera éstas.	

6.2. Nueva infraestructura

La infraestructura nueva proyectada para el Complejo Ferroviario de Palmira comprende la ejecución del Taller de Locomotoras, el Almacén Unificado y las Áreas de Servicio asociadas, de acuerdo con la localización definida en el apartado 6.1. El Taller de Vagones se mantiene como instalación existente y se incorpora al capítulo únicamente como referencia operativa y de compatibilidad, sin contemplar su rediseño integral ni el desarrollo de soluciones específicas de ampliación, por exceder el alcance del presente anteproyecto.

El diseño propuesto se apoya en criterios de funcionalidad operativa, seguridad industrial, optimización de flujos ferroviarios y posibilidad de expansión futura, alineándose con lineamientos técnicos habituales en instalaciones ferroviarias de mantenimiento (UIC, 2012; AREMA, 2020). Asimismo, el dimensionamiento de las áreas nuevas se establece a partir de supuestos operativos y de capacidad requeridos para el mantenimiento del parque tractivo, considerando referencias de talleres ferroviarios comparables.

6.2.1. Taller de Locomotoras

El nuevo Taller de Locomotoras de Palmira se emplazará sobre una superficie total aproximada de 62.000 m², incluyendo áreas cubiertas y descubiertas. El tamaño del complejo responde a

la necesidad de atender hasta 40 posiciones de mantenimiento simultáneo, considerando tanto mantenimiento preventivo como correctivo, con distintos niveles de intervención.

El número de posiciones se define a partir de supuestos operativos razonables:

- una flota activa de locomotoras diésel-eléctricas de media y alta potencia,
- tiempos medios de intervención que oscilan entre 1 y 5 días según el tipo de mantenimiento,
- y la necesidad de evitar cuellos de botella en períodos de mayor demanda operativa (AREMA, 2020).

El taller se organiza en cuatro grandes áreas funcionales, que permiten una separación clara de tareas, reducción de interferencias operativas y mejora de las condiciones de seguridad y trabajo.

6.2.1.1. Nave principal

La nave principal constituye el núcleo operativo del taller y alberga la mayor parte de las actividades de mantenimiento. En ella se concentran las 40 posiciones de mantenimiento, junto con los principales subsistemas asociados, el área de almacenamiento inmediato y los espacios comunes de apoyo.

La disposición interna responde a un esquema longitudinal, con accesos ferroviarios directos desde el patio, permitiendo el ingreso y egreso independiente de las locomotoras a cada posición, minimizando maniobras innecesarias y tiempos improductivos.

Dentro de esta nave se distinguen las siguientes subzonas:

- **Posiciones de mantenimiento:** corresponden a las vías interiores donde se realizan las tareas mecánicas, eléctricas y estructurales. Su cantidad y separación se definen considerando el gálibo ferroviario, la longitud típica de las locomotoras y los radios mínimos de circulación interna.
- **Zona de subsistemas:** áreas destinadas al mantenimiento específico de componentes como motores de tracción, generadores, sistemas eléctricos, frenos y bogies, cuya proximidad a las posiciones principales reduce desplazamientos internos y mejora la eficiencia operativa.
- **Espacios comunes:** sector que concentra oficinas técnicas, vestuarios, sanitarios y áreas de apoyo al personal, garantizando condiciones adecuadas de confort y seguridad conforme a normativa laboral vigente.
- **Almacén interno:** área destinada al almacenamiento de repuestos y materiales de uso frecuente, compartida funcionalmente con el Taller de Vagones y las Estaciones de Servicio.

La superficie cubierta total del taller alcanzará aproximadamente 48.150 m², mientras que la superficie descubierta asociada a circulaciones espera y crecimiento futuro es del orden de 13.800 m².

6.2.1.2. Nave de abastecimiento y lavado

La nave de abastecimiento y lavado se proyecta adosada a la nave principal, ubicada en la zona suroeste del taller, con el objetivo de concentrar las operaciones previas y posteriores al mantenimiento.

Se prevé que tenga una superficie cubierta cercana a 2.465 m². Su dimensionamiento responde a la capacidad de atender una locomotora por vía, permitiendo operaciones continuas sin interferir con las posiciones de mantenimiento.

En su interior se desarrollarán las siguientes áreas:

- **Zona de lavado automático**
- **Zona de lavado bajo bastidor**
- **Zona de lavado manual (repasado)**
- **Zona de abastecimiento**

La nave contará con portones metálicos de doble hoja en ambos extremos, facilitando la circulación ferroviaria directa entre el patio y el taller.

6.2.1.3. Nave auxiliar

La nave auxiliar se localiza en la zona noroeste del complejo y estará destinada a concentrar las actividades más ruidosas, sucias o específicas, tales como cabinas de pintura, granallado, bancos de prueba y mantenimiento de motores y potencia.

Con una superficie aproximada de 2.790 m², su diseño replica criterios constructivos de las demás naves, con una altura libre de 8 m.

La nave se divide en dos grandes sectores:

- Sector operativo, donde se ubican las posiciones de mantenimiento especializadas.
- Sector administrativo-técnico, que alberga oficinas y cuartos técnicos necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones.

6.2.1.4. Espacios comunes

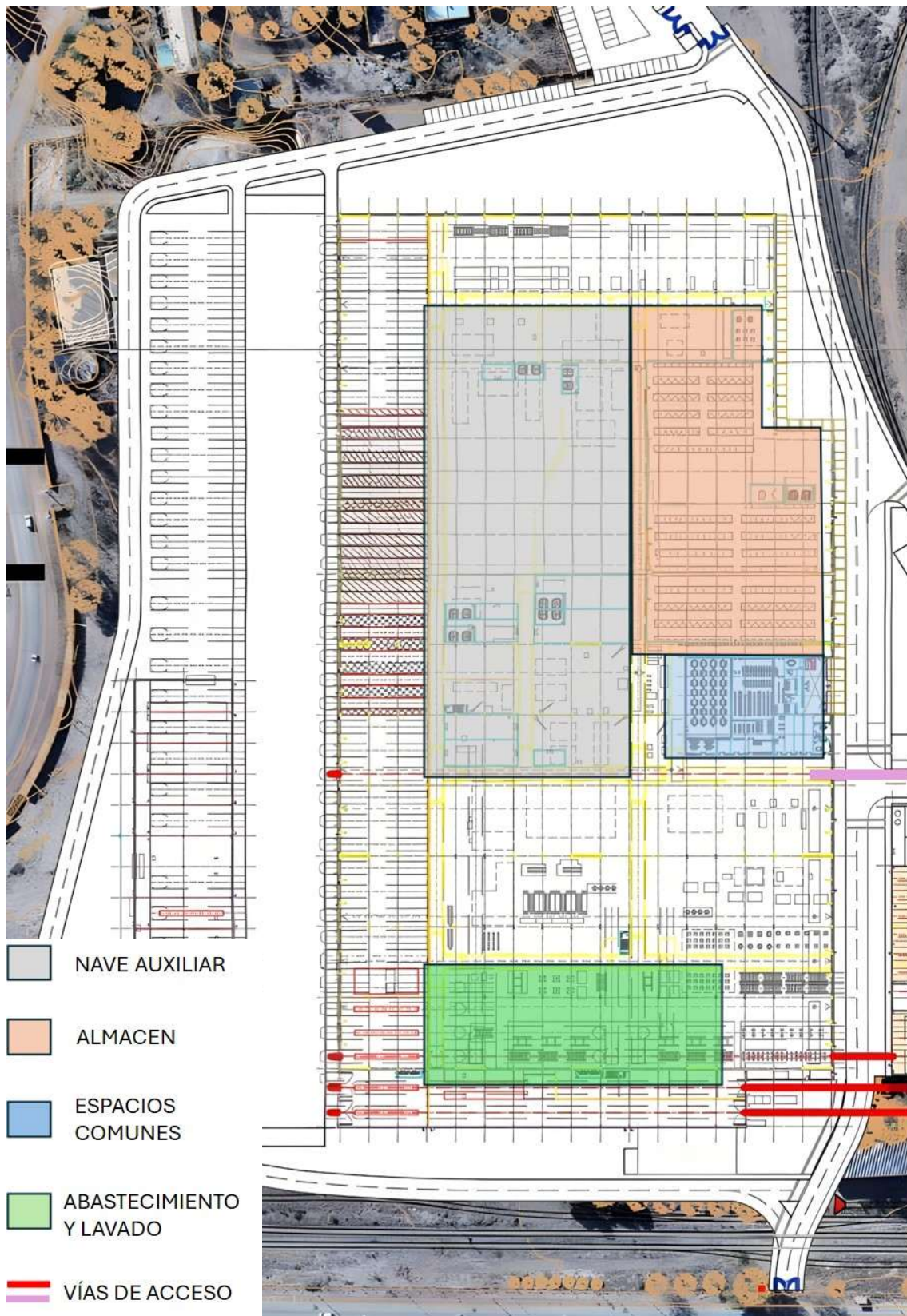
Los espacios comunes se situarán en la zona central de la nave principal, entre el futuro almacén unificado y los sectores de generación y tracción. Esta ubicación estratégica permite su uso compartido por el personal del Taller de Locomotoras, Taller de Vagones y áreas logísticas.

El conjunto se desarrolla en dos niveles, con una superficie total aproximada de 2.464 m², distribuidos de la siguiente manera:

- Planta baja: pasillos de acceso, consultorio médico, vestuarios diferenciados por taller y género, sanitarios, hall de ingreso, salas de reunión, oficina de supervisión y cuartos técnicos (electricidad, PCI, comunicaciones).
- Planta alta: oficinas administrativas del personal auxiliar, salas de reuniones, comedor y sanitarios.

Esta organización responde a criterios de segregación funcional, accesibilidad y control operativo, habituales en instalaciones ferroviarias de escala industrial.

Figura 17: Sectores dentro del Taller de Locomotoras.



6.2.1.5. Almacén Unificado

El anteproyecto contempla la implementación de un Almacén Unificado destinado a atender de manera conjunta las necesidades logísticas del Taller de Locomotoras y del Taller de Vagones, con el objetivo de optimizar el uso del espacio, reducir desplazamientos internos y mejorar la eficiencia operativa del complejo ferroviario.

La centralización del almacenamiento permite una gestión integrada de repuestos, insumos y materiales críticos, disminuyendo duplicaciones funcionales y facilitando el control de inventarios, la supervisión y la seguridad. Asimismo, reduce la necesidad de cruces de vías ferroviarias por parte de vehículos de abastecimiento, contribuyendo a una operación más segura y ordenada.

El Almacén Unificado se localiza estratégicamente dentro de la nave principal del Taller de Locomotoras, en una posición relativamente equidistante respecto de ambos talleres, lo que favorece el acceso directo desde las áreas de mantenimiento y desde las zonas logísticas externas. La superficie cubierta total destinada a esta función es del orden de 5.253 m², incluyendo un sector específico de aproximadamente 214 m² acondicionado para el almacenamiento de componentes eléctricos sensibles, con control de temperatura y humedad.

El diseño propuesto responde a criterios de funcionalidad y flexibilidad, permitiendo una futura adaptación a cambios en la demanda operativa o en la composición de la flota, sin requerir modificaciones estructurales significativas. Este tipo de solución resulta consistente con recomendaciones técnicas internacionales para instalaciones ferroviarias de mantenimiento, donde la logística interna constituye un factor clave en la reducción de tiempos improductivos (AREMA, 2020; ILO, 2019).

6.2.2. Taller de Vagones

El Taller de Vagones existente del Complejo Ferroviario de Palmira cumple actualmente funciones de mantenimiento liviano y medio sobre material rodante de carga, operando con una infraestructura que, si bien resulta funcional, presenta limitaciones en términos de capacidad operativa, organización espacial y adaptación a requerimientos actuales del sistema ferroviario.

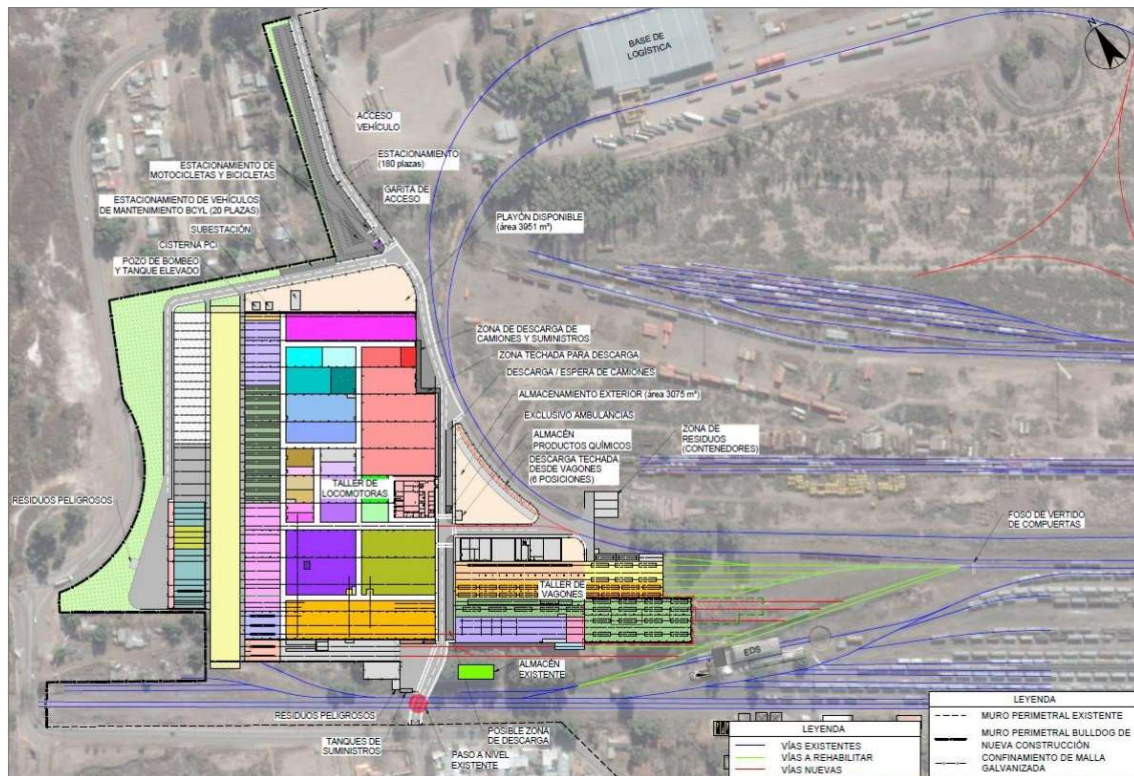
Las instalaciones abarcan una superficie aproximada de 11.031 m², distribuidas en naves y edificios auxiliares correspondientes a distintas etapas constructivas, lo que configura un conjunto heterogéneo. Esta condición puede generar discontinuidades operativas, interferencias entre tareas y restricciones para la incorporación progresiva de procesos más intensivos o tecnológicamente actualizados.

En el marco del presente anteproyecto no se contempla el rediseño ni la ampliación del Taller de Vagones, dado que el alcance del trabajo se concentra en la relocalización y el diseño del nuevo Taller de Locomotoras y sus infraestructuras asociadas. No obstante, se reconoce que, a mediano plazo, el Taller de Vagones podría requerir adecuaciones en sectores vinculados a revisiones programadas, lavado, pintura y servicios auxiliares.

En consecuencia, el tratamiento del Taller de Vagones se limita a describir su estado actual, identificar restricciones operativas relevantes y establecer criterios generales de compatibilidad funcional con las nuevas instalaciones proyectadas, sin desarrollar soluciones de ingeniería ni análisis económicos específicos, los cuales exceden el alcance del presente estudio. Este enfoque resulta coherente con prácticas habituales en estudios de factibilidad y anteproyectos ferroviarios, donde las intervenciones sobre instalaciones existentes se

jerarquizan en función del impacto operativo y del alcance definido para cada etapa del proyecto (UIC, 2012; AREMA, 2020).

Figura 18: Esquema general de Talleres y dependencias



6.3. Memoria de Ingeniería Básica del Diseño de Vías.

La memoria de ingeniería básica del diseño de vías tiene como objetivo establecer los criterios generales de trazado, jerarquización y funcionamiento de las vías ferroviarias que dan acceso a las distintas áreas del complejo, sin desarrollar aún la geometría detallada ni los planos ejecutivos correspondientes.

El diseño se apoya en la continuidad de las vías existentes, priorizando su reutilización y adecuación cuando resulta técnicamente viable, e incorporando nuevas vías únicamente en aquellos sectores donde la ampliación funcional del complejo lo requiere. Las vías de acceso se organizan en función de las siguientes zonas operativas:

- Taller de Locomotoras.
- Taller de Vagones.
- Triángulo de inversión de marcha de locomotoras.
- Zonas de descarga y logística.

La incorporación de un triángulo de inversión de marcha responde a la necesidad operativa de permitir el cambio de sentido de circulación de las locomotoras sin interferir con las playas de maniobras ni generar recorridos innecesarios, práctica habitual en complejos ferroviarios de mantenimiento de escala media y grande (UIC, 2012).

En cuanto al tipo de vía, se adopta como criterio general el uso de vía balastada en áreas exteriores y de circulación, mientras que, en sectores interiores de naves, zonas de lavado, inspección o trabajo específico, se prevé el uso de vía en placa, por razones de estabilidad,

drenaje, mantenimiento y seguridad operativa. Esta diferenciación se encuentra alineada con recomendaciones técnicas internacionales y con experiencias de talleres ferroviarios comparables (AREMA, 2020).

El nivel de definición alcanzado en este apartado es coherente con una etapa de anteproyecto, donde se busca verificar la viabilidad funcional del esquema general y establecer bases sólidas para un desarrollo posterior de ingeniería de detalle.

6.3.1. Diseño conceptual de las vías

6.3.1.1. Zonas del Anteproyecto

A continuación, se describen las vías de acceso y circulación ferroviaria consideradas en el presente anteproyecto, las cuales se encuentran representadas esquemáticamente en la Figura 19 – Zonas de Vías.

La definición de las zonas de vías se realizó a partir del análisis del funcionamiento operativo actual del Complejo Ferroviario de Palmira y de los requerimientos introducidos por la nueva infraestructura proyectada, con especial atención a los flujos de ingreso, circulación interna, permanencia en taller y egreso de locomotoras. Asimismo, se consideró la coexistencia con las vías asociadas al Taller de Vagones, con el objetivo de minimizar interferencias operativas y asegurar la continuidad funcional del sistema ferroviario existente.

En la figura se identifican las siguientes zonas principales:

Vías del Taller de Locomotoras, representadas en color rojo, que corresponden mayormente a trazados existentes reorganizados y a nuevas vías proyectadas para adaptarse a la localización y operación del nuevo taller.

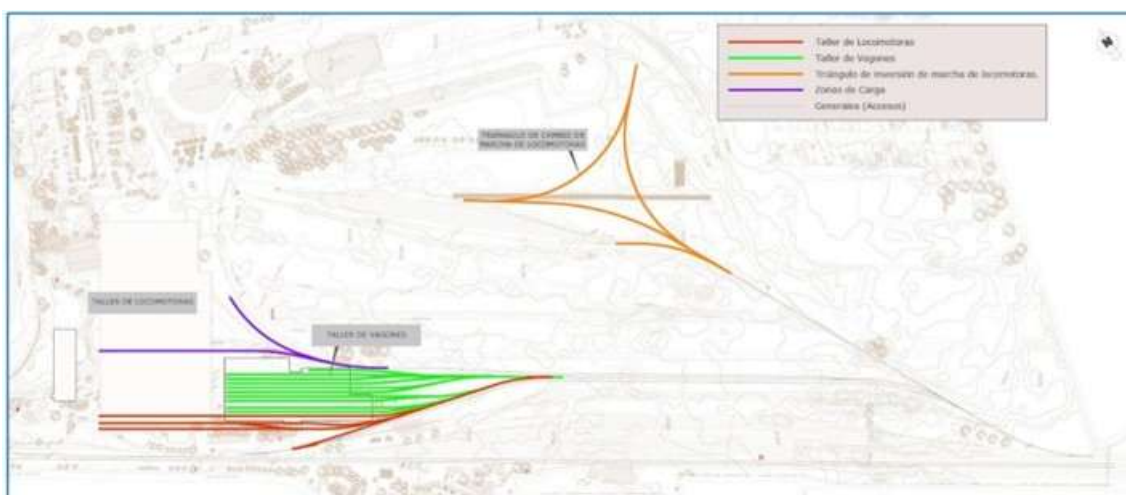
Triángulo de inversión de marcha de locomotoras, representado en color naranja, proyectado para permitir el cambio de sentido de circulación de las locomotoras de manera eficiente y segura.

Zonas de descarga y servicios, indicadas en color violeta, vinculadas funcionalmente al Taller de Locomotoras y a los flujos logísticos asociados.

Vías generales de acceso, que conectan el complejo con la red ferroviaria principal.

Las vías asociadas al Taller de Vagones, representadas en color verde, corresponden a infraestructura ferroviaria preexistente y se incluyen en el esquema únicamente a efectos de referencia, compatibilidad operativa y articulación con las nuevas trazas proyectadas, sin constituir objeto de diseño específico en el presente anteproyecto.

Figura 19: Zonas de vías.



Considerando los accesos ferroviarios existentes al Taller de Vagones, el anteproyecto propone respetarlos y reutilizarlos en la medida de lo posible, manteniendo su funcionalidad y complementándolos con nuevas vías allí donde la ampliación del taller lo requiere.

Asimismo, el anteproyecto contempla la construcción del triángulo de vías entre la base logística y la playa ferroviaria, lo que permite la inversión de marcha de las locomotoras en ambos sentidos sin interferir con las operaciones internas de los talleres.

En cuanto al criterio de plataforma, se adopta lo siguiente:

- **Vías interiores de taller:** se proyectan mayoritariamente en plataforma rígida de hormigón (vía en placa), adecuada para zonas de trabajo intensivo, mantenimiento, lavado y pintado, donde se requiere mayor estabilidad, limpieza y control ambiental.
- **Vías exteriores y de acceso:** se proyectan en plataforma balastada, por tratarse de tramos de circulación general, espera o maniobra, con menores exigencias operativas específicas.
- **Excepciones:** en determinadas zonas exteriores vinculadas a lavado o trabajos especiales, se justifica el uso de plataforma rígida.

6.3.1.2. Accesos a Talleres e Instalaciones

Atendiendo a que los accesos actuales al Taller de Vagones se consideran cómodos, se ha intentado respetarlos manteniendo las funcionalidades de los mismos. El trabajo contempla la construcción de un triángulo de vías entre la base de logística y la playa de logística, garantizando la posibilidad de giros de las locomotoras en ambos sentidos.

El acceso ferroviario a los talleres se realiza a través de una única vía que se va subdividiendo para poder llegar a las diferentes posiciones de mantenimiento. Los accesos a los diferentes galpones se desarrollan a continuación.

• Taller de Vagones

El acceso a los talleres se realiza a través de dos haces de vías que dan acceso a las diferentes vías de mantenimiento. El primer haz de vías (norte) alimenta a las vías 2 a 6, mientras el segundo haz (sur) alimenta las vías 0 a 1 y PM1 a PM3, continuando hacia el sur comienzan las vías de acceso al Taller de Locomotoras L1-L2 y L3, y conexión a la vía principal.

- **Taller de Locomotoras**

Al mismo se accede a través de las vías L1-L2, permitiendo que la locomotora pueda pasar por las zonas de abastecimiento antes de entrar al Taller. A través del trasbordador se moverá a cada una de las posiciones de mantenimiento.

Alternativamente al acceso principal se ha dispuesto un acceso secundario bordeando el taller de vagones por vía TL16 llegando a la zona del trasbordador. Este acceso se ha diseñado para situaciones degradadas, en las que existe alguna obstrucción en las vías L1 y L2.

También se indica que hay una conexión entre los talleres por medio de la vía PM1. Dicha vía se ha diseñado para el intercambio rodado de pares montados entre ambos talleres.

- **Almacén**

Se ha dispuesto de una vía de descarga techada en las inmediaciones del mismo, en la que se podrán descargar seis vagones simultáneamente. El acceso de dicha vía se realiza por el norte del Taller de Vagones.

- **Triángulo de Inversión de marcha de Locomotoras:**

Para la realización del cambio de sentido de marcha de las locomotoras, en la zona sur este del predio, se disponen de tres vías para dicha función. Estas vías, indicadas en color naranja en la figura 19, son las siguientes:

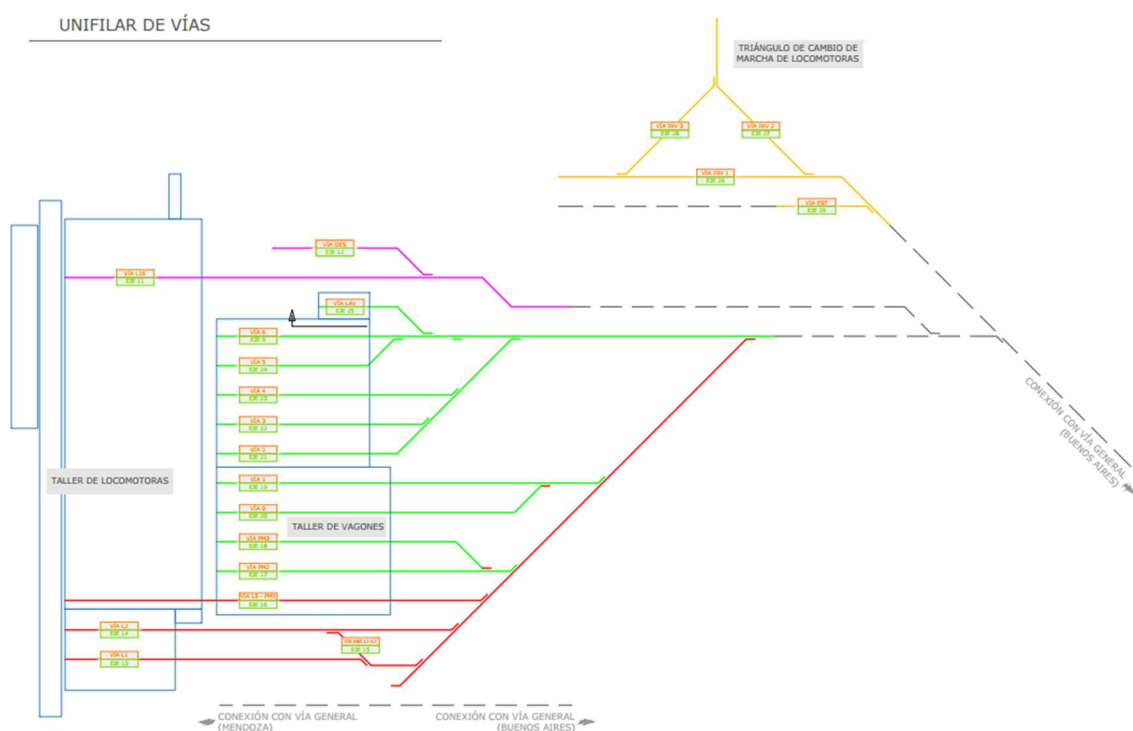
- Vía Triang. 1 (trocha 1676 mm)
- Vía Triang. 2 (trocha 1676 mm)
- Vía Triang. 3 (trocha 1676 mm)
- Tramo de la vía de acceso a la playa de almacenamiento de contenedores (trocha 1676 mm)

Las vías del triángulo se han continuado en sus extremos 30m, para colocar la locomotora liberando el AdV correspondiente y permitiendo hacer la inversión. La distancia desde el final de estas vías hasta el eje de vía más próxima, playa de almacenamiento y base logística según el caso, es de 8m.

- **Zona de Descarga**

Situada en la zona norte del taller, indicada con color violeta en la imagen general se encuentran dos vías destinadas a la carga / descarga.

Figura 20: Unifilar de vías



6.3.2. Parámetros de diseño

El diseño conceptual de las vías ferroviarias del complejo de talleres se desarrolla conforme a los criterios establecidos en la normativa ferroviaria vigente, en particular la NTVO N° 3, adaptando dichos lineamientos a las condiciones específicas de operación de un taller ferroviario, caracterizado por bajas velocidades de circulación, maniobras frecuentes y presencia de material rodante detenido durante períodos prolongados.

El objetivo principal del diseño es garantizar la funcionalidad operativa, la seguridad de circulación y la optimización del espacio disponible, manteniendo la compatibilidad con las vías existentes y minimizando interferencias con las actividades de mantenimiento.

Trocha: Todas las vías de acceso a talleres corresponden a Trocha ancha (1.676mm). Según la norma NTVO 14 Sobreancho de trocha, se aplicará a todas las vías en curva. En los radios empleados en el trabajo, con un R mínimo de 180 m, se deberá aplicar el siguiente sobreancho:

- 6 mm para curvas de radio comprendido entre 150m y 250m.
- 0 mm para curvas de radio superior a 250m.

Velocidad: Se establece una velocidad de diseño de 12 Km/h

Vías existentes: Para el diseño de las vías de acceso se toma de partida las vías existentes. Se realiza el trazado manteniendo las alineaciones de las vías existentes con las que tienen conexión, para así asegurar la continuidad de las alineaciones. En estas vías existentes, no se realiza ninguna acción de renovación o rehabilitación. (En la figura 19 se representan en gris).

Acceso a Talleres e Instalaciones: Se realiza el acceso a los talleres desde las vías existentes, adaptándose a las funcionalidades del taller de Locomotoras y Vagones, contando con un área de descarga de vagones exterior y una vía de acceso al interior del taller de locomotoras.

Gálidos ferroviarios: Según la normativa G.V.O. 3234 de Gálido máximo de trenes y mínimo de obras en vías comunes y electrificadas - trocha ancha (Ferrocariles Argentinos), se establece una anchura máxima a la que se debe encontrar cualquier elemento del terreno.

6.3.3. Normativa aplicable

El diseño ferroviario se apoya en el cumplimiento de la normativa técnica nacional e internacional aplicable, entre la que se destacan:

- **NTVO N.º 2:** Perfiles transversales tipo de vías balastadas.
- **NTVO N.º 3:** Criterios generales de diseño ferroviario.
- **NTVO N.º 7:** Alineación de vía.
- **NTVO N.º 13:** Apilado de durmientes.
- **NTVO N.º 14:** Sobreancho de trocha.

Normas Técnicas para la Construcción y Renovación de Vías.

- **FA 7-001:** Soldadura aluminotérmica.
- **FA 7-006:** Bulones para vía.
- **FA 7-008:** Arandelas elásticas.
- **FA 7-015:** Eclisas.
- **FA 7-025:** Durmientes de quebracho colorado.
- **FA 7-040:** Balasto grado A.
- **IRAM 1609:** Aplicable a componentes ferroviarios específicos.
- **Norma EN 13674-1:** Provisión de rieles.
- **ISO 9000:** Gestión de la calidad en trabajos y suministros.
- **Ley Nacional N.º 24.314 y Decreto Reglamentario 914/97:** Accesibilidad de personas con movilidad reducida.
- **Ley General de Ferrocarriles Nacionales y su Reglamento General**, aprobado por Decreto N.º 90325/36, con sus actualizaciones y reglamentaciones internas.

El conjunto normativo citado proporciona el marco técnico necesario para garantizar que el diseño propuesto cumpla con criterios de seguridad, funcionalidad y compatibilidad con el sistema ferroviario nacional.

Figura 21: Gálíbos en trocha ancha

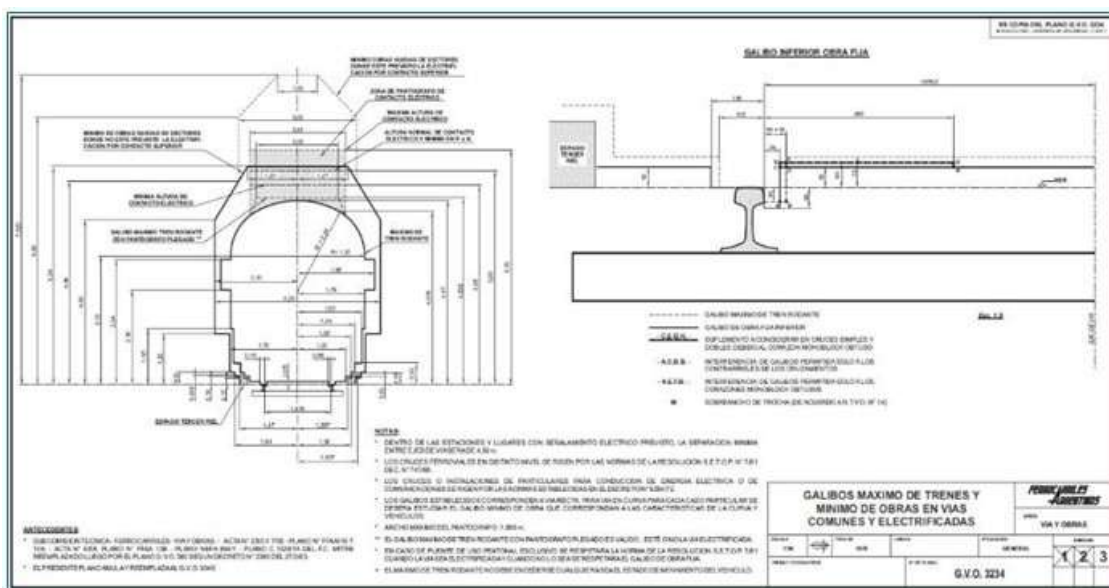
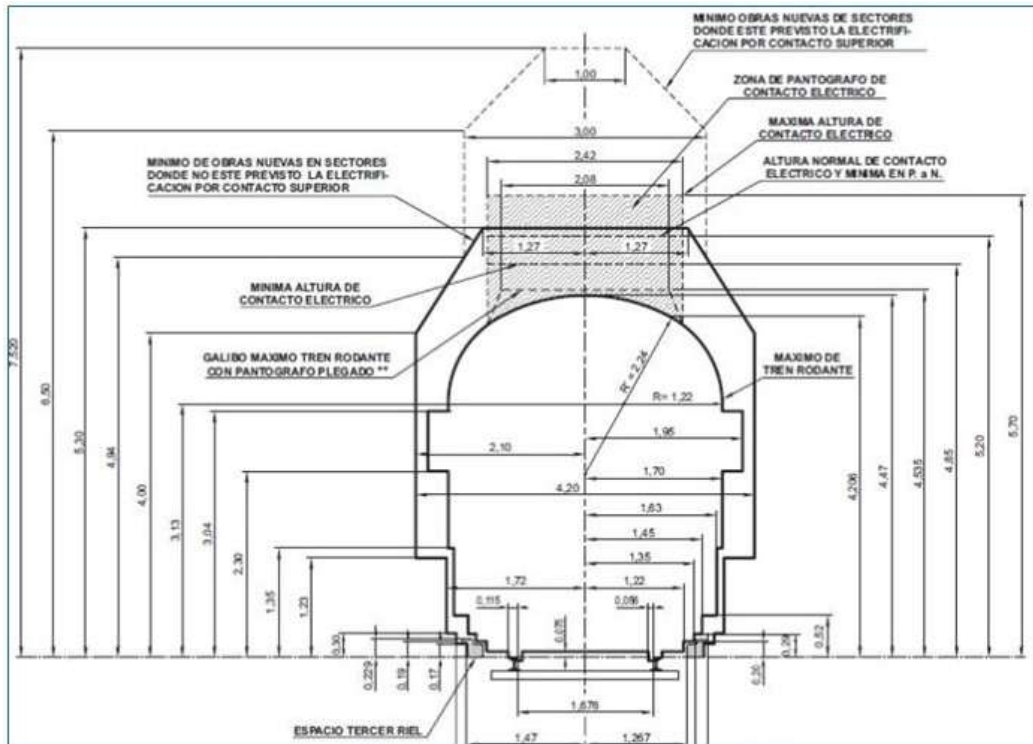


Figura 22: Detalle de gálibos en trocha ancha



6.3.4. Diseño Geométrico

6.3.4.1. Diseño en planta

El trazado en planta se define a partir de los ejes de las vías, considerando los condicionantes geométricos impuestos por el anteproyecto, la configuración edilicia del taller y la normativa aplicable. En el diseño se prioriza la racionalización de recorridos, la reducción de maniobras innecesarias y la correcta vinculación entre las distintas áreas funcionales.

Los parámetros geométricos adoptados para el diseño en planta son los siguientes:

- **Radio mínimo de curva:** 180 m (definido por condiciones existentes)
- **Peralte adoptado:** 0 mm
- **Longitud mínima de alineación recta:** 15 m
- **Sobreancho de trocha para radios menores a 250 m:** 6 mm
- **Curvas de transición:** no se proyectan, debido a las bajas velocidades de operación

Justificación del peralte adoptado

El peralte teórico se calcula conforme a la expresión indicada en la NTVO N° 3:

$$P_t = \frac{13,8 \cdot V^2}{R}$$

donde:

- P_t es el peralte teórico (mm),
- V es la velocidad de circulación (km/h),
- R es el radio de curva (m).

Adoptando una velocidad máxima de diseño de **12 km/h** y el radio mínimo de **180 m**, se obtiene un peralte teórico de:

$$P_t = \frac{13,8 \cdot 12^2}{180} = 11,04 \text{ mm}$$

Dado que se adopta un peralte real de 0 mm, la insuficiencia de peralte resultante es de 11,04 mm, valor ampliamente inferior a los límites máximos establecidos por la norma, que permite insuficiencias de hasta 150 mm (o 115 mm en condiciones de vía con conservación no satisfactoria).

Asimismo, la norma establece límites máximos para el exceso de peralte, siendo el mínimo de dichos límites 80 mm, valor que tampoco se alcanza en el presente diseño.

En el contexto de un taller ferroviario, donde los trenes circulan a muy baja velocidad o permanecen detenidos, la adopción de peralte distinto de cero podría generar un incremento del desgaste del riel interior de la curva durante las detenciones prolongadas. Por este motivo, y en coherencia con prácticas habituales en instalaciones ferroviarias de mantenimiento, se adopta un peralte nulo, garantizando condiciones adecuadas de operación y mantenimiento.

6.3.4.2. Diseño en alzado

Si bien el predio del taller se desarrolla sobre una superficie mayormente llana y sin grandes diferencias altimétricas, el diseño altimétrico resulta igualmente necesario para asegurar la correcta evacuación de aguas, la continuidad geométrica con las vías existentes y el cumplimiento normativo.

El trazado en alzado queda condicionado por:

- Las cotas de las vías existentes de enlace,
- La cota interior de las naves del taller,
- Las necesidades operativas de estacionamiento y maniobra.

Los parámetros adoptados para el diseño en alzado son los siguientes:

- **Pendiente máxima general:** 10 mm/m
- **Pendiente máxima en zonas de estacionamiento, carga y mangos:** 2 mm/m
- **Pendiente en desvíos:** constante, sin acuerdos verticales
- **Parámetro mínimo de acuerdo vertical (Kv):** 600
- **Longitud mínima de acuerdos verticales:** 12 m

Justificación del parámetro vertical adoptado

Para el cálculo del parámetro mínimo de los acuerdos verticales circulares se considera una aceleración vertical máxima admisible de $0,2 \text{ m/s}^2$, valor usual para este tipo de infraestructura. La condición viene dada por:

$$a_v = \frac{v^2}{R} \leq 0,2 \text{ m/s}^2 \quad K_v \geq \frac{v^2}{0,2}$$

Adoptando una velocidad de diseño de 12 km/h (3,3 m/s), se obtiene un valor teórico mínimo de:

$$K_v \geq 55$$

No obstante, al aplicar la longitud mínima de acuerdo vertical de 12 m para una pendiente máxima de 10 mm/m, resulta un parámetro:

$$K_v = \frac{12}{0,01 + 0,01} = 600$$

En consecuencia, se adopta $K_v = 600$ como parámetro mínimo de diseño, valor ampliamente conservador respecto del mínimo teórico y plenamente compatible con las condiciones operativas del taller.

6.3.5. Sección transversal

En el presente apartado se recogen los distintos elementos que conforman los diferentes tipos de vía a ejecutar dentro del anteproyecto de Palmira.

6.3.5.1. Secciones de Balasto

Para la sección en balasto se ha tomado como base la normativa NTVO de Vías y Obras perteneciente a Ferrocarriles Argentinos. Las capas la componen los diferentes niveles de apoyo de la plataforma sobre el terreno saneado. Estas capas ferroviarias serán:

- Balasto
- Subbalasto
- Capa de Forma

Datos de partida

Se realizará una sección ferroviaria para las vías de nueva construcción, con las siguientes características. Se ajustarán a lo indicado en el informe y a la normativa de referencia indicada anteriormente.

Para el dimensionamiento de la sección ferroviaria se adopta como referencia la Normativa Técnica de Vías y Obras (NTVO) N°1 – “Estructura, balastado y conservación de la vía”, correspondiente a Ferrocarriles Argentinos.

Dado que se trata de vías de acceso a talleres, con baja velocidad de diseño (≤ 12 km/h) y cargas por eje de hasta 25 toneladas, se adopta una clasificación de vía industrial/de servicio, seleccionando la condición más desfavorable dentro de las tipologías admitidas por la normativa, a efectos de garantizar criterios conservadores de seguridad y durabilidad.

En consecuencia, el dimensionamiento se realiza considerando espesores máximos de las capas ferroviarias, conforme a las recomendaciones normativas aplicables.

Se dimensiona para las características del acceso al taller indicadas en el informe, como son, una baja velocidad de diseño 12km/h y una carga máxima de 25 toneladas por eje. Como se ha indicado anteriormente, las vías diseñadas en el exterior de los talleres serán de tocha ancha, 1.676mm. Para el diseño estructural de las capas ferroviarias se adopta la Normativa Técnica de Vías y Obras NTVO N°2, correspondiente a secciones de vía con durmientes de madera, coherente con la tipología de vía considerada en el anteproyecto.

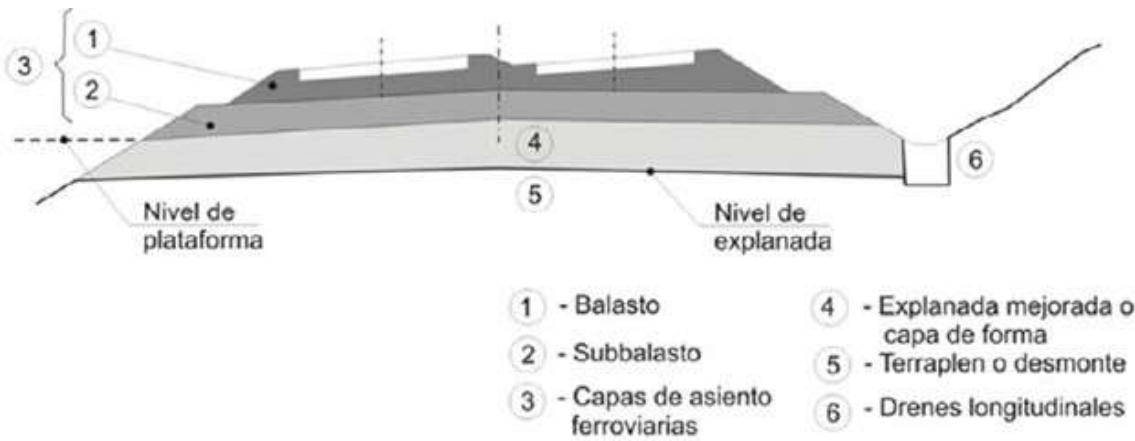
En aquellos aspectos no contemplados explícitamente por dicha normativa, se recurre de forma complementaria a normativa internacional de referencia, manteniendo criterios de diseño compatibles con las condiciones de carga y operación previstas.

Calidad de los suelos soporte

Con base en los datos aportados por personal de BCyL, del estudio de suelos se plantea la calidad de los terrenos que serán de apoyo a la infraestructura ferroviaria utilizando la normativa española Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio.

Esta normativa se utilizará para el diseño de la capa de forma entre el nivel de la explanada y las capas de subbalasto y balasto. Para estas dos últimas y dado el tipo de vías a incluir en el diseño se tendrá en cuenta la normativa NTVO. La imagen siguiente recoge las diferentes capas de acuerdo con la Orden FOM mencionada.

Figura 23: Espesor de Capa de forma según norma UIC 719 / Orden FOM/1631/2015



Esta normativa establece la siguiente clasificación para los suelos por debajo del nivel de la explanada.

Tabla 3: Clasificación de suelos según normativa

TIPO DE SUELO (clasificación geotécnica)	Clase de calidad de suelos	
0.1. Suelos con alto contenido de materia orgánica. 0.2. Suelos blandos, con contenidos de más del 15 % de finos*, con alto contenido de humedad, inapropiados para compactar. 0.3. Suelos tixotrópicos (p.e.: arcillas de gran susceptibilidad). 0.4. Suelos conteniendo material soluble (p.e.: rocas salinas o yeso). 0.5. Terreno contaminado (p.e.: residuos industriales). 0.6. Suelos con un contenido medio de materia orgánica. 0.7. Suelos de alta plasticidad, con más del 15% de finos, suelos colapsables* o suelos expansivos*.	QS0	2.1. Suelos conteniendo entre el 5 y el 15 % de finos*, excepto los suelos colapsables*. 2.2. Suelos uniformes (CU ≤ 6), conteniendo menos del 5 % de finos*, excepto los suelos colapsables*. 2.3. Rocas moderadamente duras. P.A.: Con 25 < MDH ≤ 40 y 30 < LA ≤ 40.
1.1. Suelos conteniendo más del 40 % de finos* (excepto los suelos clasificados como 0.2 o 0.7). 1.2. Rocas muy susceptibles a la meteorización. P.e.: – Cretas con $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ y alta friabilidad. – Margas. – Esquistos meteorizados.	QS1	3.1. Suelos bien graduados, conteniendo menos del 5 % de finos*. 3.2. Rocas duras. P.A.: Con MDH ≤ 25 y LA ≤ 30
1.3. Suelos conteniendo entre el 15 y el 40 % de finos* (excepto los clasificados como 0.2 o 0.7). 1.4. Rocas moderadamente susceptibles a la meteorización. P.e.: – Cretas con $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ y baja friabilidad. – Esquistos no meteorizados. 1.5. Rocas blandas. P.e.: Con Microdeval húmedo (MDH) > 40 y Los Ángeles (LA) > 40.	QS1*	a. Estos porcentajes están obtenidos del análisis granulométrico realizado al material que pasa por el tamiz de 63 mm.; estos porcentajes pueden ser incrementados hasta un 5 % si se toma un número suficientemente representativo de muestras. c. El asiento en el ensayo de colapso es superior al 1 % para muestras inalteradas o remoldeadas con la densidad del ensayo Proctor Normal y una presión normal de 0,2 MPa. d. El hinchamiento libre es superior al 3 % para muestras inalteradas o remoldeadas con la densidad del ensayo Proctor Normal. e. Estos suelos pueden entrar en la clase QS2 si las condiciones hidrogeológicas e hidroclógicas son buenas. f. Estos suelos pueden entrar en la clase QS3 si las condiciones hidrogeológicas e hidroclógicas son buenas.

El estudio geotécnico recoge la tipología de terreno existente en el predio, centrándose en los puntos de sondeo S1, S2, S3 y S7, correspondientes a las investigaciones más próximas al trazado de la vía en balasto proyectada.

A partir de los resultados obtenidos, se identifica una alta proporción de finos no plásticos, determinándose que el suelo situado por debajo del nivel de la explanada corresponde a un suelo de clase QS1, según la clasificación establecida en la normativa de referencia.

Cabe destacar que, dentro de los anteriores estudios medioambientales de predio, se indica que ciertas zonas, deben sanearse por su contaminación. Ya que estos tratamientos no son

objeto del presente trabajo, se considera que los suelos que sean utilizados en los tratamientos y saneas sean como mínimo del tipo QS1.

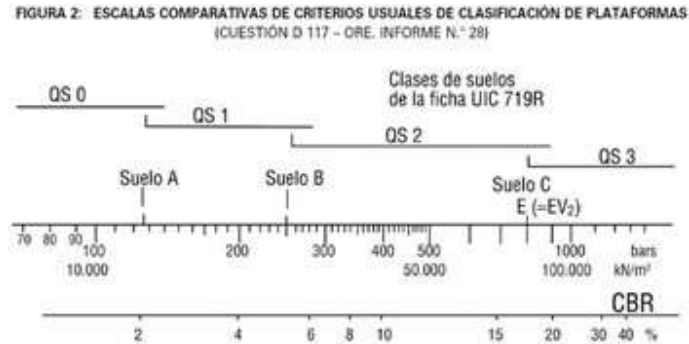
Figura 24: Croquis de ubicación de los ensayos en el suelo



Capa de forma

Se dimensiona la capa de forma en función de las características ferroviarias y de las características geotécnica del terreno.

Figura 25: Escalas comparativas de clasificación de suelos y plataformas ferroviarias



Para ello se realizará un análisis según la norma internacional “UIC 719. Earthworks and track bed for railway lines” y la “Instrucción para el proyecto y construcción de Obras Ferroviarias IF-

3. Vía sobre balasto. Cálculo de espesores de capas de la sección transversal. Orden FOM/1631/2015". El espesor de la capa de forma depende de la calidad del suelo de apoyo y de las características de la plataforma proyectada.

Para esta obra se adopta una plataforma tipo P3, conforme a las normas UIC y a la Orden FOM/1631/2015, no por la calidad natural del suelo existente, sino como resultado de la mejora estructural introducida mediante la capa de forma.

En este sentido, si bien el suelo natural corresponde a una clase QS1, la incorporación de una capa de forma adecuada permite alcanzar una capacidad portante equivalente a plataforma P3, evitando así movimientos de suelo de mayor magnitud y reduciendo los costos asociados a reemplazos masivos de material.

Tabla 4: Relación entre clases de suelo, clase de plataforma y espesor mínimo de la capa de forma.

Explanada (superficie del terraplén o excavación)		Clase de plataforma por su capacidad portante	Requisitos de la capa de forma		
Clase de calidad de suelos	CBR ^a (min) ⁽¹⁾		Clase de calidad de suelos	CBR ^b (min)	Mínimo espesor: "e _f " (m)
QS 1	2	P 1	QS 1	2	⁽²⁾
		P 2	QS 2	5	0,50
		P 2	QS 3	17	0,35
		P 3	QS 3	17	0,50
QS 2	5	P 2	QS 2	5	⁽³⁾
		P 3	QS 3	17	0,35
QS 3	17	P 3	QS 3	17	⁽⁴⁾

a. CBR correspondiente a las condiciones "in situ" de compactación y densidad del material (las muestras se saturarán para el ensayo).

b. CBR correspondiente a una muestra remoldeada compactada en las condiciones de proyecto para el material (las muestras se saturarán para el ensayo).

⁽¹⁾ Ver Figura 2.

⁽²⁾ Aunque no sea necesario poner capa de forma, el terreno de la plataforma existente deberá tener una densidad seca $\rho_d \geq 95\%$ PN en una profundidad mínima de 50 cm y un $E_{v2} \geq 45$ MN/m² en su superficie, con $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$.

⁽³⁾ Idem, con $E_{v2} \geq 60$ MN/m².

⁽⁴⁾ Idem, con densidad seca $\rho_d \geq 100\%$ PN y $E_{v2} \geq 80$ MN/m².

Por tanto, según los datos obtenidos, la capa de forma proyectada será de 0,50 m de espesor y de calidad QS3, diseñada con el objetivo de mejorar las condiciones portantes de una explanada clasificada como QS1, permitiendo alcanzar una clase de plataforma P3, conforme a los criterios establecidos en la norma UIC 719 y la Orden FOM/1631/2015.

Tipo de durmientes y adecuación normativa

Si bien la Normativa Técnica de Vías y Obras NTVO N.º 2 se encuentra originalmente desarrollada para secciones de vía con durmientes de madera, su aplicación en el presente trabajo, se adopta como referencia conservadora para el dimensionamiento de las capas ferroviarias, en función de las condiciones de carga, velocidad y tipo de explotación previstas.

Para las vías de nueva construcción consideradas en este anteproyecto se prevé la utilización de durmientes de hormigón, especialmente en sectores exteriores a los talleres, debido a sus mejores prestaciones estructurales, mayor durabilidad y menor necesidad de mantenimiento en comparación con los durmientes de madera. En consecuencia, se tiene en cuenta que el espesor de balasto requerido bajo durmientes de hormigón resulta, en términos generales, igual o superior al indicado por la NTVO N.º 2 para durmientes de madera, adoptándose en todos los casos un espesor mínimo de capa de balasto de 30 cm, respondiendo al criterio más exigente.

Con el objeto de garantizar la correcta interpretación del diseño, se incorpora el esquema transversal tipo de vía en balasto, indicando explícitamente la disposición y espesores de las capas de balasto, subbalasto y capa de forma, así como el ancho de banquina y pendientes transversales, de acuerdo con los criterios normativos aplicables.

Subbalasto

Se establece un espesor mínimo de subbalasto de 0,15 m, medido bajo el balasto, con una pendiente transversal mínima del 5 % hacia el exterior, destinada a favorecer el drenaje superficial y evitar la acumulación de agua en la estructura de la vía.

Este espesor se adopta considerando el caso más restrictivo desde el punto de vista de la seguridad estructural y la durabilidad de la infraestructura ferroviaria, en concordancia con los criterios establecidos en la Normativa Técnica de Vías y Obras y la normativa internacional de referencia.

Balasto

El espesor mínimo de balasto bajo durmiente se establece en 0,15 m, adoptándose nuevamente el criterio más desfavorable a favor de la seguridad y la estabilidad de la vía, especialmente teniendo en cuenta la circulación de material rodante con cargas por eje de hasta 25 toneladas.

Al considerarse la capa de forma y el subbalasto como base de apoyo del balasto, no se prevé la incorporación de medidas adicionales tales como mantos geotextiles para la separación de finos, dado que la mejora estructural de la plataforma garantiza condiciones adecuadas de drenaje y capacidad portante.

El ancho de la banquina, medido desde el borde interior del riel, se fija en 0,95 m, con una pendiente general de 3H:2V, asegurando estabilidad lateral del balasto y correcta evacuación de aguas.

Sección tipo en balasto resultante

En función de los criterios expuestos, la sección tipo de vía en balasto adoptada para el anteproyecto queda conformada por las siguientes capas, de arriba hacia abajo:

- Balasto: espesor mínimo 0,30 m
- Subbalasto: espesor mínimo 0,15 m
- Capa de forma: espesor 0,50 m
- Explanada saneada, con pendiente transversal del 5 %

Las secciones transversales se desarrollan en configuración a dos aguas, tanto para vía simple, vía doble como vía triple, garantizando el correcto escurrimiento superficial y la estabilidad global de la plataforma ferroviaria.

La adopción de espesores máximos y configuraciones conservadoras responde a la condición de vía de acceso a talleres, donde, si bien las velocidades de circulación son reducidas, se presentan altas solicitaciones estáticas y dinámicas asociadas a maniobras frecuentes, detenciones prolongadas y cargas elevadas por eje. En este sentido, el diseño estructural propuesto asegura un comportamiento adecuado de la vía durante su vida útil, minimizando patologías asociadas a deformaciones, asentamientos diferenciales y degradación prematura de las capas ferroviarias.

Figura 26: Capas ferroviarias según NTVO N°2

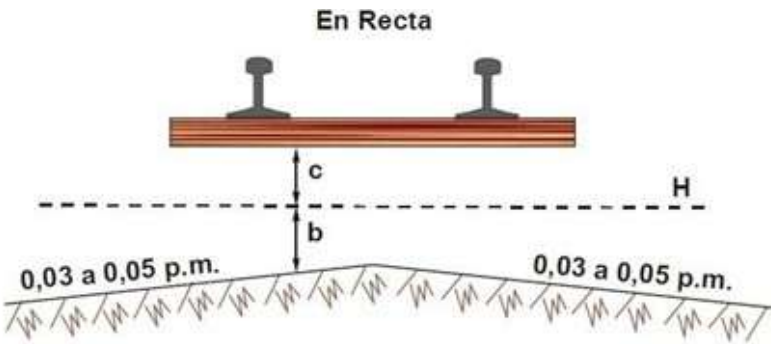


Figura 27: Secciones tipo significativas

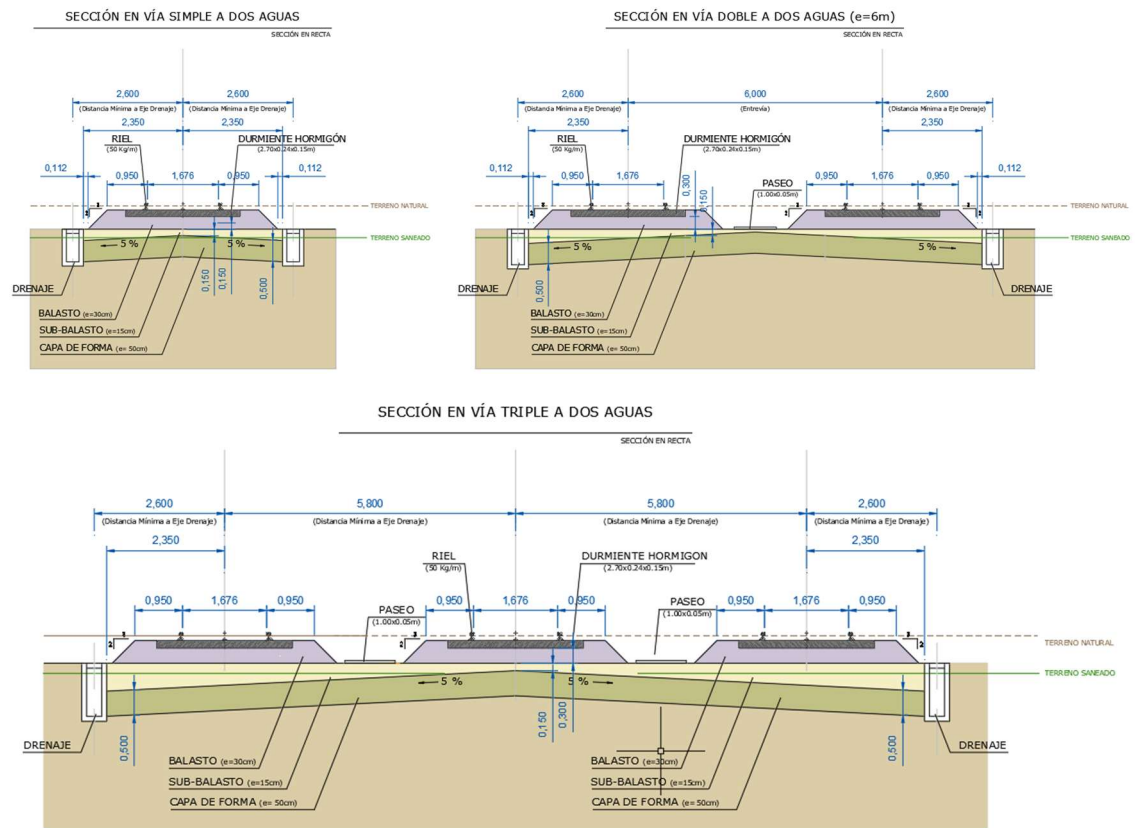
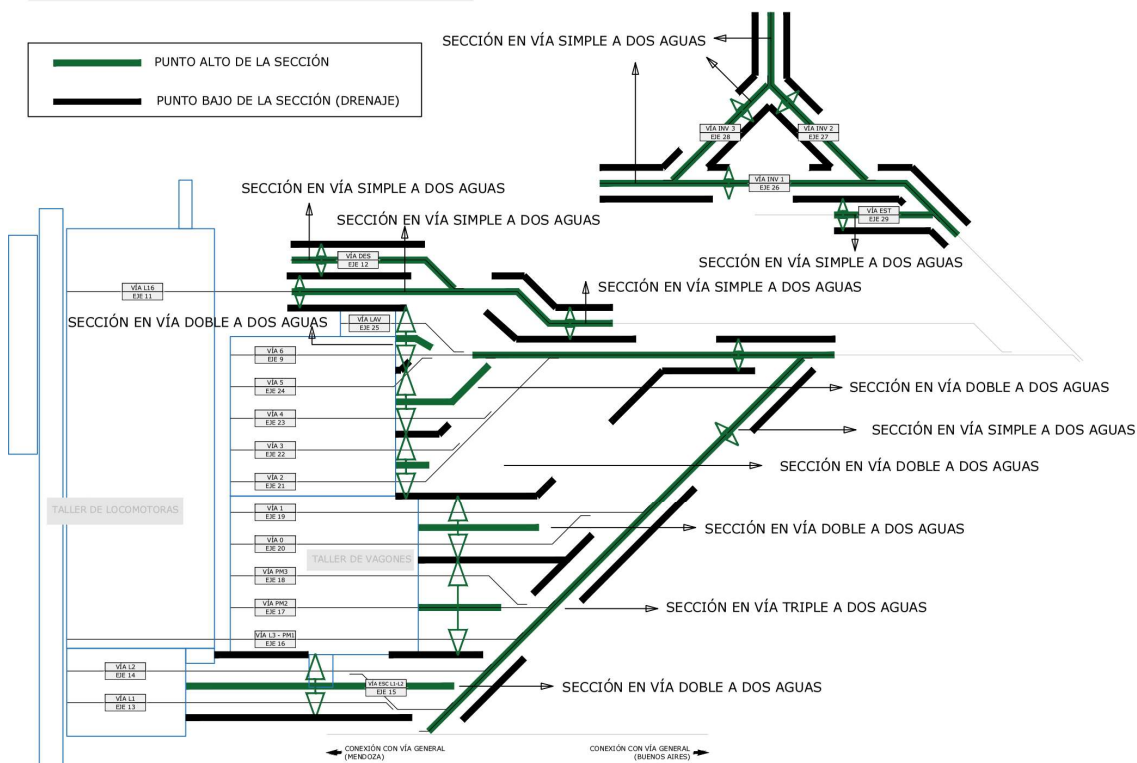


Figura 28: Esquema de Secciones.

ESQUEMA DE SECCIONES



6.3.5.2. Sección interior en talleres

El diseño geométrico de las vías comprendidas en el presente documento se desarrolla desde la conexión con las vías existentes hasta las vías interiores correspondientes a los talleres de vagones y locomotoras.

En el interior de los galpones y en los accesos a los mismos se definen distintos tipos de vía, seleccionados en función de la operatividad requerida en cada sector, las necesidades de acceso al material rodante y las condiciones estructurales de las instalaciones.

Los tipos de vía adoptados en el interior de los talleres son los siguientes:

- Vía embebida en hormigón
- Vía sobre pilares metálicos
- Vía en foso de hormigón

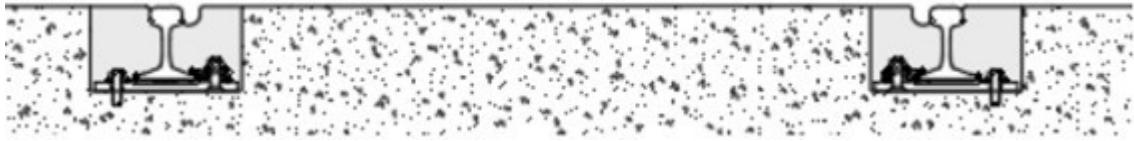
Vía embebida en hormigón

Este tipo de vía se dispondrá en los accesos a la nave de vagones en su sector sur, así como en los cruces con caminos internos de circulación vehicular y peatonal.

Asimismo, se prevé su utilización en determinados sectores del interior de las naves de vagones y locomotoras, cuando la funcionalidad del área requiera una superficie continua que permita la coexistencia de circulación ferroviaria y tránsito de equipos auxiliares.

En este sistema, los rieles se encuentran embebidos en una losa de hormigón, garantizando una adecuada transmisión de cargas y facilitando las tareas de limpieza y mantenimiento del entorno operativo.

Figura 29: Esquema de vía embebida en hormigón utilizada en accesos y sectores interiores de talleres ferroviarios



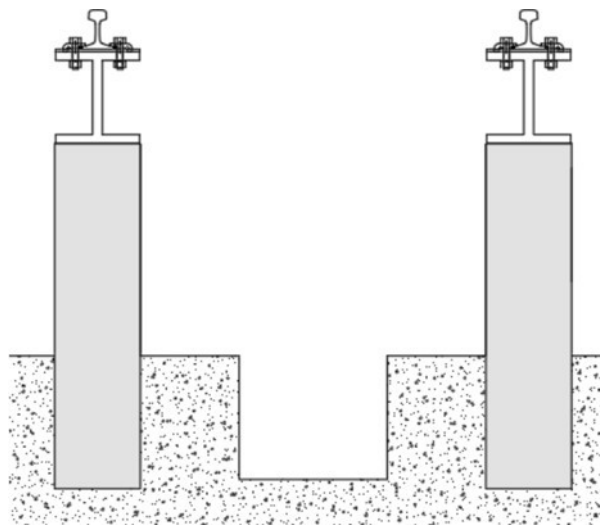
Vía sobre pilares metálicos.

La vía sobre pilares metálicos se adoptará en aquellos sectores del interior de los talleres donde sea necesario permitir el acceso al material rodante tanto desde el lateral como desde la parte inferior, sin interferencias estructurales.

Este tipo de solución se emplea, por ejemplo, en la zona de lavado bajo bastidor del taller de locomotoras y en la nueva fosa bañera prevista en el taller de vagones.

En este sistema, los rieles se apoyan sobre perfiles metálicos rigidizados, anclados a estructuras de hormigón, permitiendo liberar el espacio inferior y facilitando las operaciones de inspección, lavado o mantenimiento específico.

Figura 30: Sección tipo de vía ferroviaria apoyada sobre pilares metálicos para acceso inferior al material rodante.



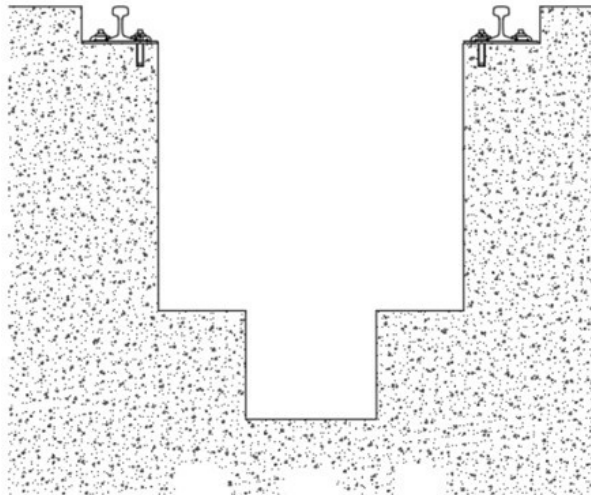
Vía en foso de hormigón.

La vía en foso de hormigón se proyecta en aquellas zonas del interior de los talleres donde se requiere acceso exclusivo por debajo del material rodante, sin necesidad de acceso lateral.

Este sistema se utiliza, entre otros, en las fosas de inspección del taller de locomotoras.

En este tipo de vía, los rieles se encuentran anclados a estructuras de hormigón ubicadas en los bordes superiores del foso, dejando libre el espacio central entre rieles para permitir el desplazamiento del personal y la ejecución de tareas de inspección y mantenimiento.

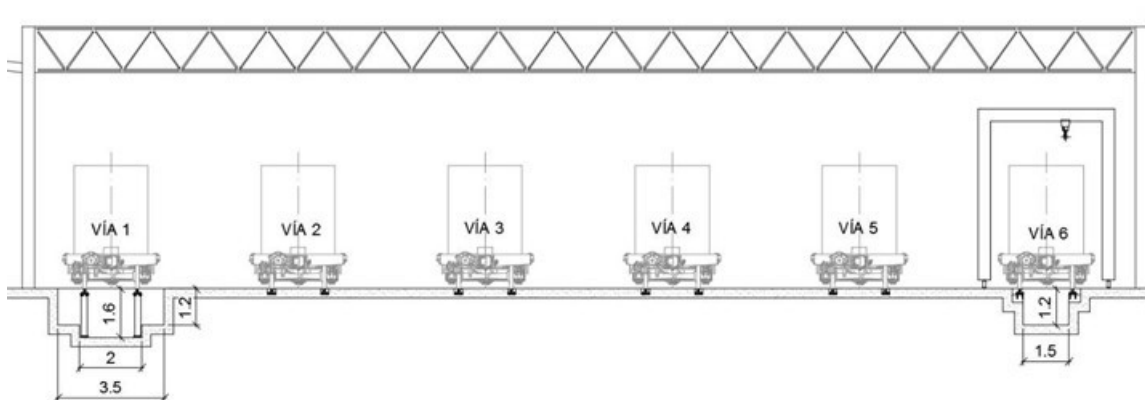
Figura 31: Sección tipo de vía en foso de hormigón para inspección inferior de material rodante.



Disposición general de los tipos de vía en el interior de los talleres

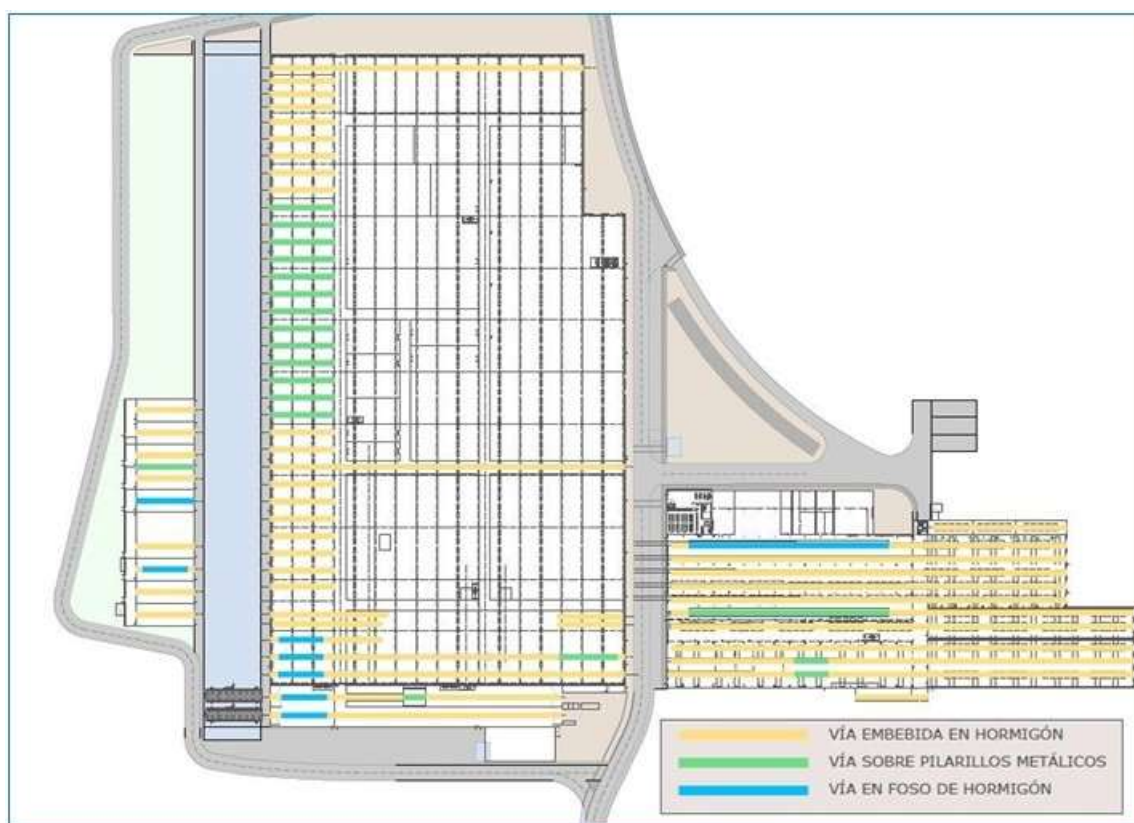
La distribución de los distintos tipos de vía definidos anteriormente responde a criterios funcionales y operativos, diferenciando claramente las zonas de acceso, mantenimiento, lavado e inspección del material rodante.

Figura 32: Nave existente de vagones con disposición de fosas y vías interiores.



Gráficamente cada una de las zonas en el interior de los talleres, son las siguientes:

Figura 33: Tipos de vías en el interior de los talleres.



6.3.6. Anteproyecto del Sistema Hidrológico e Hidráulico

El sistema de drenajes asociado a las vías nuevas y a las vías rehabilitadas se aborda en el presente trabajo desde una perspectiva conceptual y de anteproyecto, con el objetivo de establecer criterios generales de diseño que permitan identificar interferencias, prever soluciones constructivas compatibles con la operación ferroviaria y sentar las bases técnicas para la posterior etapa de proyecto ejecutivo.

En sectores donde el espacio disponible en planta resulta limitado, se prevé la incorporación de drenajes longitudinales vinculados al sistema general de desagües pluviales del predio, complementados con cámaras de inspección intermedias que faciliten las tareas de mantenimiento y control. En aquellas áreas donde las vías no sufren modificaciones como consecuencia directa del proyecto, no se contempla la ejecución de nuevos sistemas de drenaje, considerando que las condiciones actuales del terreno y la presencia de drenajes superficiales existentes resultan suficientes para evitar situaciones de anegamiento.

De acuerdo con los lineamientos habituales en infraestructura ferroviaria, el drenaje longitudinal se resuelve mediante zanjas drenantes conformadas por material granular seleccionado, envueltas en geotextiles de separación y filtrado, y complementadas con conductos perforados de derivación. En esta etapa no se definen diámetros hidráulicos ni pendientes de cálculo, los cuales deberán ser determinados mediante estudios hidrológicos e hidráulicos específicos en instancias posteriores del proyecto ejecutivo (Indarte et al., 2010; CNRT, 2015).

Las zanjas drenantes se disponen próximas al eje de las entrevías, respetando las restricciones geométricas propias de la infraestructura ferroviaria y asegurando la protección del paquete estructural de la vía. El relleno drenante se compone por material granular conforme a las

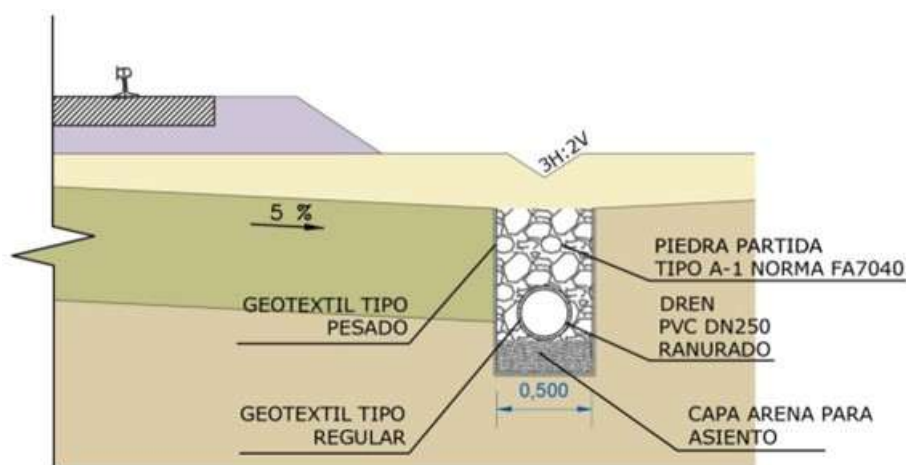
especificaciones técnicas vigentes, previéndose la utilización de geotextiles como elemento de separación y filtrado, con el fin de evitar la migración de finos desde el suelo natural hacia el sistema de drenaje (Selig & Waters, 1994).

En el caso particular del Taller de Locomotoras, el sistema de drenaje adquiere especial relevancia debido a la coexistencia de escurrimientos pluviales y aportes hídricos asociados a las tareas de mantenimiento, inspección y lavado de unidades. En este sentido, el esquema de drenaje propuesto contempla criterios diferenciados según la naturaleza del aporte, priorizando la protección del paquete estructural de la vía y la operación segura de las instalaciones.

En sectores de circulación y estacionamiento de locomotoras, se prevé la captación y conducción controlada de escurrimientos superficiales, evitando acumulaciones de agua que puedan generar degradación del balasto, pérdida de capacidad portante o interferencias con las tareas operativas. En áreas específicas vinculadas a lavado y mantenimiento, el diseño definitivo del sistema deberá contemplar la separación y tratamiento adecuado de efluentes, aspecto que será desarrollado en la etapa de proyecto ejecutivo y conforme a la normativa ambiental vigente.

En consecuencia, el esquema de drenaje presentado debe interpretarse como una solución tipológica de referencia, válida a efectos de anteproyecto y estimación preliminar de costos, quedando expresamente fuera del alcance del presente trabajo el dimensionamiento hidráulico detallado del sistema, el cual deberá desarrollarse mediante los estudios técnicos correspondientes en fases posteriores del proyecto.

Figura 34: Esquema conceptual de drenaje longitudinal en zona de vías ferroviarias, con zanja drenante, material granular y geotextiles de separación y filtrado. Solución de referencia para etapa de anteproyecto.



6.3.7. Estudio Técnico de materiales ferroviarios

6.3.7.1. Rieles

La elección del perfil de riel constituye una de las decisiones estructurales centrales del armamento de vía. Para las vías proyectadas en el interior y accesos al Taller de Locomotoras se adopta el perfil 54 – E1, de acero grado R260, con un peso nominal de 54,77 kg/m, conforme a las especificaciones técnicas vigentes para infraestructura ferroviaria en líneas de servicio y maniobras.

Este perfil resulta adecuado para el presente proyecto debido a su capacidad resistente, su compatibilidad con material rodante estándar y su amplia utilización en la red ferroviaria

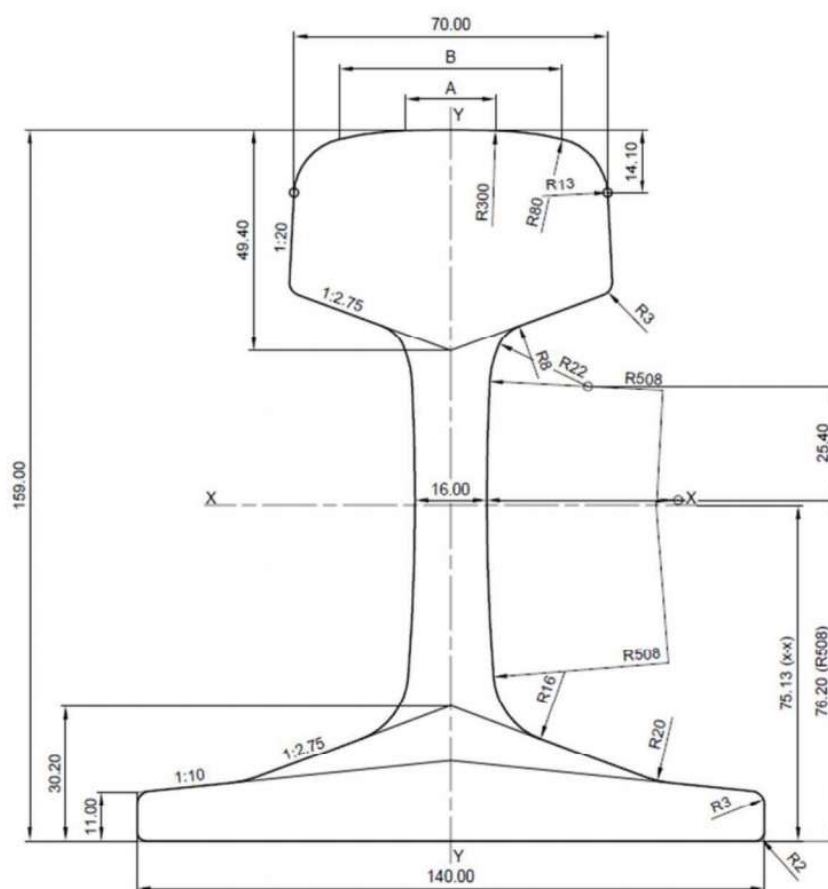
argentina, lo que facilita la provisión de materiales, repuestos y operaciones de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la infraestructura.

Se prevé la utilización de barras de riel de 18 m de longitud, las cuales serán soldadas en obra para conformar carril largo soldado, reduciendo la cantidad de juntas mecánicas y mejorando el comportamiento dinámico de la vía. Esta solución resulta especialmente adecuada para playas ferroviarias y talleres, donde las velocidades de circulación son bajas, pero se registran sollicitaciones dinámicas repetitivas asociadas a maniobras frecuentes, contribuyendo a disminuir el desgaste localizado y las tareas de mantenimiento vinculadas a uniones eclisadas (Esveld, 2001).

No obstante, en sectores específicos —tales como proximidades de desvíos, zonas de transición estructural o áreas donde se prevean intervenciones frecuentes— podrán disponerse juntas eclisadas con el objetivo de facilitar el montaje, el desmontaje y las tareas de mantenimiento, en concordancia con los criterios usuales de explotación ferroviaria en instalaciones de servicio (UIC, 2009).

La inclinación del riel respecto del plano del durmiente se adopta con un valor de 1:40, criterio habitual en infraestructura ferroviaria, orientado a optimizar la distribución de tensiones en el contacto rueda-riel y a reducir el desgaste del ala del riel. Esta condición resulta particularmente relevante en zonas de maniobras reiteradas, como las que se desarrollan en talleres ferroviarios.

Figura 35: Perfil tipo riel 54 E1



6.3.7.2. Durmientes y sistemas de fijación

En cuanto a la definición de durmientes y sistemas de fijación, la misma queda condicionada a la solución constructiva finalmente adoptada para cada sector del Taller de Locomotoras, ya sea vía sobre balasto, vía embebida en hormigón o sectores de transición entre distintas tipologías de vía. Dicha definición será establecida en la etapa de proyecto ejecutivo, a partir de estudios específicos de comportamiento estructural, condiciones operativas y criterios de mantenimiento.

En consecuencia, los sistemas de fijación elástica deberán seleccionarse en función de la compatibilidad con el tipo de durmiente y el perfil de riel adoptado, asegurando el adecuado anclaje del riel, la absorción de vibraciones, el control de desplazamientos y la durabilidad del conjunto. La selección definitiva del sistema de fijación deberá contemplar, asimismo, las condiciones particulares de explotación del taller, la facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de repuestos en el contexto de la red ferroviaria nacional.

Este enfoque resulta coherente con el carácter de anteproyecto del presente trabajo, evitando la fijación prematura de soluciones constructivas que requieren un mayor nivel de definición técnica y permitiendo mantener la flexibilidad necesaria para su optimización en etapas posteriores del proyecto.

6.3.7.3. Aparatos de vía

Los desvíos ferroviarios previstos en el diseño corresponden a desvíos de tangente 1:10, adecuados para maniobras a baja velocidad y compatibles con las necesidades operativas del complejo.

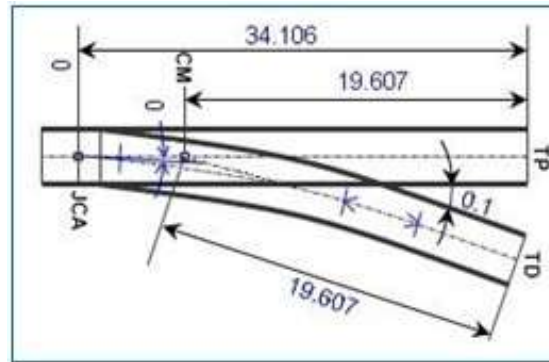
Se prevé:

- 6 desvíos a rehabilitar, correspondientes a vías existentes (identificados en color verde en la figura 19),
- 15 desvíos nuevos, todos de tangente 1:10, debido a que esta es la configuración estándar utilizada actualmente en la Línea General San Martín. La elección de este parámetro técnico responde a la necesidad de garantizar la compatibilidad con el material rodante existente y mantener la uniformidad operativa, previéndose su utilización para el resto de la playa de maniobras. (identificados en color rojo en la figura 19).

Las características principales de los desvíos nuevos son:

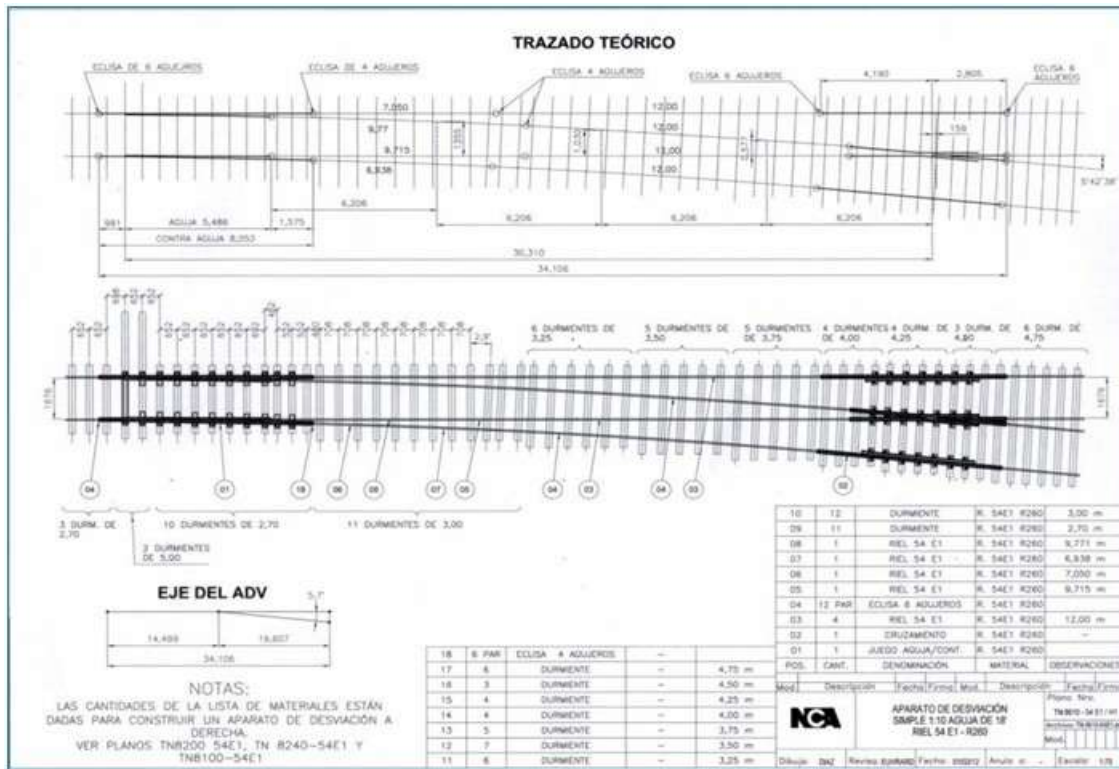
- **Tangente: 1:10**
- **Radio: 260 m C**
- **Corazón: recto**
- **Longitud de aguja: 18 m**
- **Velocidad máxima por vía directa: ≤ 12 km/h**

Figura 36: Esquema desvío 1:10



Las características completas según el Manual Integral de Vías. Nuevo Central Argentino (NCA) de octubre 2014, son las siguientes:

Figura 37: Manual integral de Vías. Nuevo Central Argentino, octubre 2014.



7. Estructuración del Modelo Económico Financiero

7.1. Propósito del capítulo y alcance del modelo económico-financiero

El presente capítulo tiene por objeto estructurar el modelo económico-financiero del anteproyecto de infraestructura ferroviaria analizado, integrando los lineamientos técnicos definidos en el Capítulo 6 con un esquema de contratación, financiamiento, operación y mantenimiento que permita evaluar su viabilidad económica y su sostenibilidad en el largo plazo.

El modelo se orienta en analizar el proyecto desde una perspectiva de ciclo de vida, considerando no solo los costos asociados a la construcción de las nuevas instalaciones, en particular el Taller de Locomotoras y las infraestructuras de vía asociadas, sino también los costos recurrentes de operación y mantenimiento, así como los mecanismos de repago y asignación de riesgos entre las partes intervinientes.

Dado el nivel de definición técnica alcanzado en el desarrollo del proyecto, correspondiente a una etapa de anteproyecto, el modelo económico-financiero se formula a partir de magnitudes físicas verificables (longitudes de vía, tipologías constructivas, cantidad de aparatos de vía, sectores a rehabilitar, entre otros), utilizando costos unitarios de referencia y supuestos explícitos que permiten construir una estimación razonable del CAPEX y del OPEX del sistema. En este sentido, el objetivo no es la obtención de valores contractuales definitivos, sino la evaluación de órdenes de magnitud, consistencia económica y coherencia entre alcance técnico y estructura financiera.

Asimismo, el capítulo incorpora el análisis de los principales riesgos económicos y financieros asociados al proyecto, tales como riesgos de diseño, construcción, financiamiento, operación y demanda, y su impacto sobre la estructura contractual y el flujo económico esperado. Este enfoque resulta fundamental para determinar la conveniencia de determinados esquemas de contratación y para justificar la asignación de responsabilidades entre el sector público y el sector privado.

Finalmente, el modelo contempla escenarios alternativos vinculados a la puesta en valor de activos complementarios del sistema ferroviario, tales como terrenos o infraestructuras existentes, evaluando su potencial incidencia en el equilibrio económico del proyecto. Estos escenarios se incorporan como supuestos de análisis, sin constituir hipótesis cerradas, y permiten explorar mecanismos de mejora de la eficiencia financiera y reducción de requerimientos fiscales.

7.2. Modalidades de contratación aplicables y criterio de selección

La estructuración del modelo económico-financiero requiere, como instancia previa, el análisis de las principales modalidades de contratación aplicables a proyectos de infraestructura ferroviaria, con el fin de identificar aquella que resulte más adecuada en función del alcance técnico, el horizonte temporal, la magnitud de la inversión y el perfil de riesgos del proyecto.

En el contexto nacional, las modalidades de contratación habitualmente consideradas para este tipo de intervenciones incluyen, entre otras:

- a) la obra pública tradicional,
- b) los contratos de concesión de obra o de servicios, y
- c) los esquemas de participación público-privada.

La **obra pública tradicional** se caracteriza por la financiación íntegra del proyecto por parte del Estado, la contratación de la construcción mediante precios unitarios o ajuste alzado y la posterior operación y mantenimiento a cargo del sector público o de contratos separados. Si bien este esquema presenta simplicidad administrativa y control directo por parte del Estado, suele concentrar en el sector público la mayor parte de los riesgos técnicos, financieros y de desempeño, además de requerir una elevada disponibilidad de recursos presupuestarios en etapas tempranas del proyecto.

Los **contratos de concesión**, por su parte, transfieren al concesionario privado la responsabilidad de construir y operar una infraestructura durante un período determinado, recuperando la inversión a través de la explotación directa del servicio o del cobro a usuarios. Este modelo resulta particularmente adecuado para infraestructuras con demanda autónoma y flujos de ingresos directos; sin embargo, presenta limitaciones cuando se trata de activos ferroviarios de uso operativo interno —como talleres y playas técnicas— cuya rentabilidad no depende de un mercado abierto de usuarios, sino del funcionamiento del sistema ferroviario en su conjunto.

Los esquemas de **participación público-privada (PPP)** se presentan como una alternativa contractual que permite integrar en un único contrato el diseño, la construcción, el financiamiento, la operación y el mantenimiento de la infraestructura, asignando los riesgos a la parte que se encuentra en mejores condiciones de gestionarlos. En este tipo de modelos, el repago al sector privado suele estructurarse mediante pagos por disponibilidad, por desempeño o por cumplimiento de niveles de servicio, desvinculando los ingresos del riesgo de demanda cuando este no resulta controlable por el operador.

Desde el punto de vista del proyecto analizado, la complejidad técnica de las instalaciones, la necesidad de asegurar estándares de mantenimiento en el largo plazo y la conveniencia de evaluar el costo del ciclo de vida completo de la infraestructura justifican el análisis de esquemas contractuales integrados. En particular, la concentración de actividades de diseño, construcción y mantenimiento bajo una misma responsabilidad contractual permite alinear incentivos, optimizar soluciones técnicas y reducir costos asociados a fallas de coordinación entre etapas.

A efectos comparativos, la evaluación de las modalidades de contratación se apoya en criterios tales como:

- la distribución y transferencia de riesgos,
- la capacidad de financiamiento inicial,
- la previsibilidad de los costos a largo plazo,
- la flexibilidad operativa, y
- la posibilidad de introducir mecanismos de control por desempeño.

La selección de la modalidad contractual no se presenta como una decisión aislada, sino como el resultado de la coherencia entre el alcance técnico definido, los objetivos operativos del sistema ferroviario y la necesidad de garantizar la viabilidad económica y financiera del proyecto en el tiempo.

7.3. Metodología para la estimación de costos del proyecto

La estimación de costos del presente trabajo se desarrolla con un enfoque metodológico propio de la etapa de anteproyecto y estudio de factibilidad, sin pretender alcanzar el nivel de precisión de un presupuesto ejecutivo. En este marco, el objetivo principal consiste en identificar órdenes de magnitud confiables, analizar la estructura de costos del sistema

ferroviario proyectado y evaluar su viabilidad económica y financiera, en coherencia con el alcance técnico definido en el Capítulo 6.

Dado que el proyecto se localiza en el Complejo Ferroviario de Palmira, Provincia de Mendoza, la metodología adoptada prioriza el uso de fuentes técnicas y económicas reales del contexto argentino, ajustadas a las particularidades regionales y sectoriales del sistema ferroviario nacional.

7.3.1. Enfoque general de estimación

La estimación de costos se estructura a partir de un enfoque mixto, combinando:

Estimación paramétrica, basada en costos unitarios de referencia por metro de vía, por tipo de infraestructura y por tipología constructiva.

Estimación por componentes, desagregando el proyecto en grandes partidas coherentes con la memoria técnica (vías, instalaciones, obras civiles asociadas, equipos, etc.).

Este enfoque resulta adecuado para proyectos ferroviarios en etapa de anteproyecto, donde se cuenta con definiciones claras de longitudes, tipologías y soluciones técnicas, pero aún no se dispone de planos ejecutivos ni de cálculos métricos detallados.

7.3.2. Fuentes de información y criterios de referencia

Los costos se obtienen exclusivamente a partir de fuentes reales, verificables y reconocidas, evitando la utilización de valores arbitrarios o no contrastables. Las principales fuentes consideradas son:

Presupuestos oficiales y licitaciones públicas ferroviarias en Argentina, correspondientes a obras de renovación y construcción de vías, talleres y playas ferroviarias, publicadas por:

- Trenes Argentinos Infraestructura (ADIF)
- Ministerio de Transporte de la Nación
- BCyL (Belgrano Cargas y Logística S.A.)

Índices oficiales de costos de la construcción, particularmente:

- Índice del Costo de la Construcción (ICC) del INDEC
- Índices provinciales de costos de obra pública cuando resultan aplicables

Manuales y referencias técnicas internacionales, utilizados como apoyo metodológico para la descomposición de partidas, tales como:

- AREMA Manual for Railway Engineering (2020)
- UIC – Railway Infrastructure Manuals (UIC, 2012)

Información técnica del propio anteproyecto, desarrollada en el Capítulo 6, incluyendo:

- Longitudes de vías nuevas y a rehabilitar
- Tipologías de vía (balasto, vía en placa, vía interior)
- Cantidad y tipo de desvíos ferroviarios
- Equipamiento y obras asociadas

Todas las referencias económicas se consideran a precios constantes, correspondientes al año base de referencia definido para el análisis, evitando distorsiones por inflación y permitiendo comparaciones coherentes entre alternativas.

7.3.3. Exclusiones explícitas del análisis de costos

Para preservar la coherencia metodológica y evitar sobreestimaciones no justificadas, se excluyen expresamente del presente análisis:

- Costos de adquisición de terrenos
- Costos financieros específicos (tasas de interés, estructura de deuda)
- Costos ambientales asociados a remediaciones no definidas
- Costos de operación ferroviaria ajenos al taller
- Detalles constructivos propios del proyecto ejecutivo

Estas exclusiones son coherentes con el carácter académico y de anteproyecto del trabajo, y se encuentran alineadas con metodologías internacionales de evaluación preliminar de infraestructura ferroviaria.

7.4. Estimación de Costos y Curva de Inversión

La metodología adoptada permite alcanzar una estimación con un nivel de confiabilidad compatible con estudios de factibilidad, con márgenes de variación aceptables para este tipo de análisis. Los resultados obtenidos no deben interpretarse como valores contractuales, sino como herramientas para la toma de decisiones estratégicas, evaluación de alternativas y análisis de viabilidad económica.

Tabla 5: Estimación de Costos

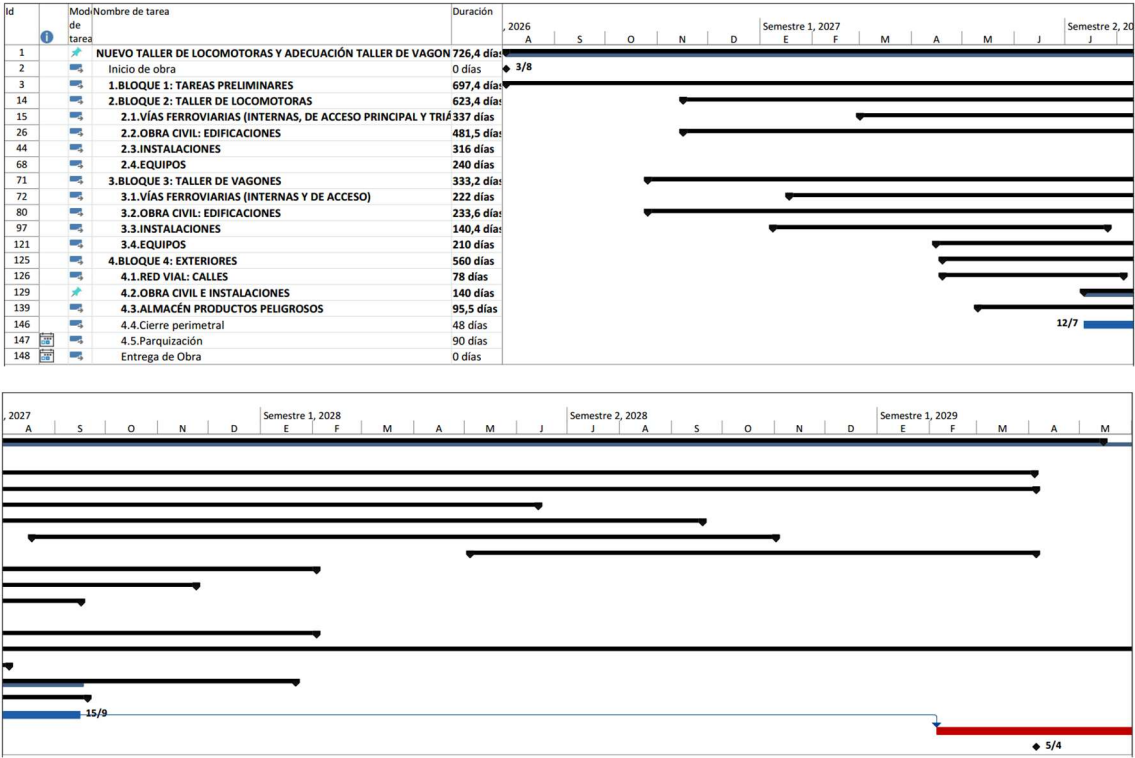
DESCRIPCIÓN	PRECIO EN USD	TOTAL DEL BLOQUE	INCIDENCIA
BLOQUE 1: TAREAS PRELIMINARES	\$ 3.607.585,50	\$ 3.607.585,50	2,96%
BLOQUE 2: TALLER DE LOCOMOTORAS		\$ 91.850.764,56	75,41%
VÍAS FERROVIARIAS (INTERNAS, DE ACCESO PRINCIPAL Y TRIÁNGULO)	\$ 4.493.128,84		
OBRA CIVIL: EDIFICACIONES	\$ 57.405.696,95		
INSTALACIONES	\$ 13.002.630,82		
EQUIPOS	\$ 16.949.307,96		
BLOQUE 3: TALLER DE VAGONES		\$ 18.435.371,03	15,14%
VÍAS FERROVIARIAS (INTERNAS Y DE ACCESO)	\$ 4.169.126,35		
OBRA CIVIL: EDIFICACIONES	\$ 7.069.248,62		
INSTALACIONES	\$ 3.703.355,98		
EQUIPOS	\$ 3.493.640,08		
BLOQUE 4: EXTERIORES		\$ 7.902.183,45	6,49%
RED VIAL: CALLES	\$ 4.042.542,44		
OBRA CIVIL	\$ 199.058,83		
ALMACÉN PRODUCTOS PELIGROSOS	\$ 121.211,88		
CIERRE PERIMETRAL	\$ 338.047,72		
PARQUIZACIÓN	\$ 78.524,46		
INSTALACIONES	\$ 3.122.798,12		
		\$ 121.795.905	100%

Explicando un poco la estimación de costos, la misma se divide en 4 bloques:

- **Bloque 1:** Tareas Preliminares (incluye, limpieza y preparación del terreno, obrador, movilización de equipos, estudios de campo, proyecto ejecutivo).
- **Bloque 2:** Talleres de Locomotoras (Vías ferroviarias, internas, de acceso y triángulo; obra civil; instalaciones; equipos).
- **Bloque 3:** Taller de Vagones (Vías ferroviarias, internas y de acceso; obra civil; instalaciones; equipos).
- **Bloque 4:** Exteriores (Red vial, obra civil, Almacén productos peligrosos, cierre perimetral, instalaciones y parquización).

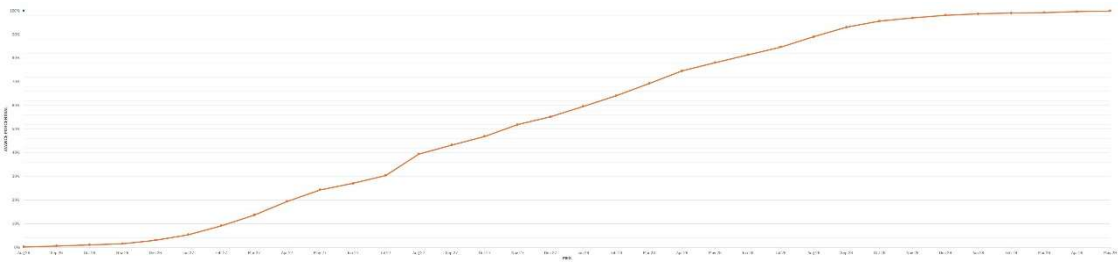
Realizando un cronograma aproximado, teniendo en cuenta la planificación y ejecución aproximada de las tareas de los bloques, me dio como resultado el siguiente Cronograma de Obra:

Figura 38: Cronograma de Obra



Considerando la estimación de costos y el cronograma de la Obra, se obtiene como resultado la siguiente Curva de Inversión:

Figura 39: Curva de Inversión



Las Figuras 38 y 39 se adjuntan en Anexo para una mejor visualización e interpretación.

7.5. Evaluación integral de la viabilidad económica del proyecto

A partir del anteproyecto desarrollado y de los cálculos de cantidades obtenidos en la diseño básico, se logró estimar el costo total de la obra requerida. El análisis realizado permite constatar que la estructura de costos se encuentra dominada por las inversiones iniciales en infraestructura ferroviaria y obras civiles, particularmente en aquellas vinculadas al nuevo

Taller de Locomotoras y a la reorganización funcional del sistema de vías. Esta característica resulta consistente con la naturaleza de la intervención propuesta, orientada a la modernización de instalaciones ferroviarias de gran escala.

Para llevar a cabo una evaluación integral de la viabilidad del proyecto, resultaría necesario cuantificar los beneficios derivados de la obra y contrastarlos con los costos estimados. Si bien estos beneficios fueron enumerados en capítulos anteriores, su cálculo exhaustivo excede el alcance del presente trabajo. Cabe destacar que gran parte de los impactos positivos del proyecto son de carácter social, ambiental, urbano y operativo; al no ser todos de naturaleza directamente monetaria, su inclusión en un análisis de factibilidad requeriría de metodologías específicas para poder monetizarlos adecuadamente.

Asimismo, para realizar un análisis costo-beneficio riguroso es fundamental considerar el desfasaje temporal inherente a este tipo de infraestructuras. Mientras que la inversión de capital se realiza de manera concentrada en un momento inicial durante la ejecución de la obra, los beneficios mencionados se perciben de manera paulatina a lo largo de toda la vida útil del proyecto. Por lo tanto, una evaluación completa requeriría proyectar flujos de fondos y aplicar tasas de descuento que contemplen esta distribución en el tiempo.

A pesar de no incorporar estas variables financieras detalladas, la metodología adoptada proporciona órdenes de magnitud confiables para la toma de decisiones estratégicas. En este contexto, la justificación del proyecto no solo radica en la mejora de las condiciones de operación y mantenimiento, sino que se sustenta fundamentalmente en el rédito financiero que se puede obtener de la desafectación y venta de los valiosos terrenos del centro de Mendoza, donde actualmente se emplaza el taller.

En conclusión, el presente capítulo establece una base sólida para el análisis en instancias posteriores, ya sea para una profundización económica-financiera integral o para el desarrollo de la ingeniería de detalle, consolidando el vínculo entre las decisiones técnicas adoptadas en el anteproyecto y su impacto económico global.

8. Impacto Socio Ambiental del Proyecto

8.1. Introducción y Contexto del Proyecto

Como fue descripto anteriormente, el proyecto planteado se enfoca en la construcción de un nuevo taller de locomotoras y la modernización del taller de vagones existente en el predio ferroviario de Palmira, perteneciente a la empresa BCyL. Este lugar, que abarca unos 1.178.000 m², se encuentra entre las ciudades de Mendoza y San Martín, un área que ha visto un crecimiento significativo a nivel industrial y residencial a lo largo de los años.

Actualmente, el taller existente está destinado a actividades de mantenimiento y, junto con la propuesta de un almacén unificado, se busca optimizar el flujo y la gestión de materiales e insumos para el trabajo del personal. Este proyecto no solo es relevante desde el punto de vista operativo, sino que también tiene el potencial de generar empleo y dinamizar la economía local.

8.2. Etapas del Proyecto

El desarrollo del proyecto se organizará en dos fases:

Etapas de Construcción: En esta fase se realizarán las obras para edificar las nuevas instalaciones del taller y adecuar las existentes. Es importante destacar que también se harán mejoras en las vías de acceso para garantizar una logística eficiente y segura, reparando aquellos elementos que ya presentan desgaste debido al tiempo y el uso.

Etapas de Operación: Una vez completadas las obras, comenzará la actividad habitual del taller, donde se dedicarán a labores de mantenimiento y reparaciones de locomotoras y vagones. Esta fase significará no solo la actividad diaria, sino también la generación de nuevos puestos de trabajo y oportunidades para los proveedores locales.

Características del Entorno:

La zona donde se llevará a cabo el proyecto es predominantemente industrial, pero también cuenta con áreas residenciales y algunos campos de cultivo. Esto plantea una interesante dinámica entre el desarrollo industrial y la vida cotidiana de las comunidades que habitan en los alrededores.

La geología del área muestra una composición de suelos limosos y arcillosos, lo que puede influir en la construcción y la gestión del agua en el periodo de obras. Además, la presencia de fuentes de agua subterránea en la zona puede ser un recurso valioso tanto durante la construcción como una vez que el taller esté en funcionamiento.

Normativa y Evaluación de Impacto Ambiental:

En el desarrollo de este proyecto, es crucial cumplir con las normativas ambientales establecidas en la Provincia de Mendoza. Por ello, se llevará a cabo un Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS) que analizará cómo las diferentes etapas del proyecto podrían afectar el medio ambiente y la comunidad local:

Identificación de Impactos: Se evaluará tanto el impacto positivo, como la generación de empleos, como los posibles efectos negativos que puedan surgir, como la contaminación o el movimiento de maquinarias. Este análisis será clave para anticipar y mitigar cualquier riesgo.

Estructura del EIAS: El estudio incluirá varios componentes esenciales, tales como:

- **Resumen Ejecutivo:** Se presentará una síntesis clara del EIAS, destacando metodologías y resultados que ayuden a tomar decisiones informadas sobre el proyecto.
- **Marco Legal e Institucional:** Aquí se explicarán las leyes y regulaciones que rigen el proyecto, asegurando que se comprendan las responsabilidades ambientales y sociales.
- **Descripción del Proyecto:** se detallarán las actividades planificadas, identificando cómo pueden impactar el medio ambiente, por ejemplo, señalando los sitios de extracción de materiales y la disposición de desechos.
- **Línea de Base Socio-ambiental:** Se realizará un diagnóstico del contexto ambiental y social, lo que permitirá comprender la situación actual de la zona y trazar un camino hacia la sostenibilidad.

Identificación y Mitigación de Impactos:

Uno de los objetivos centrales del EIAS será identificar medidas efectivas para mitigar los impactos negativos. Esto incluirá la propuesta de un plan de gestión ambiental que se implementará antes y durante las fases de construcción y operación. Será esencial que quienes ejecuten el proyecto se comprometan con prácticas responsables que respeten y protejan el medio ambiente, así como el bienestar de la comunidad.

De la normativa vigente y ámbito de aplicación

En función que las obras mencionadas serán ejecutadas en jurisdicción de la Provincia de Mendoza, la normativa que se deberá cumplir se detalla a continuación.

Legislación Nacional:

- Artículo 41 de la Constitución Nacional que establece los derechos y deberes de todos los habitantes para gozar de un ambiente apto para el desarrollo humano.
- Artículo 124 de la Constitución Nacional otorgando a las provincias el dominio sobre sus recursos naturales.
- Ley 20284 de preservación del aire.
- Ley 22428 de preservación de suelos.
- Ley 25675 de Política Ambiental a nivel Nacional y modificatorias ((Res 250/03, 481/03, 685/05, 177/07, 178/07 y 303/07 – Res (SAyDS) 1.639/2007- Res Conjunta SF 98/2007 y 1973/2007 (SAyDS) y Res SAyDS 1398/08).
- Ley 24051 Dec. 831/93, Tabla 9, Valores de Referencia para Suelos de Uso Industrial.
- Ley 24051 Dec. 831/93. sobre residuos peligrosos.
- Resolución de SE N° 785/2005 para almacenamiento de combustible en caso de tanques aéreos.
- Ley 24051 Dec. 831/93, Tabla 1 Niveles guía de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional.

Legislación Provincial

- Ley 5.961 y modificatorias: Obligatoriedad del procedimiento de evaluación de impacto ambiental para proyecto que puedan modificar el medio ambiente.
- Decreto 2.109/94: Reglamenta la ley 5.961 y establece los requisitos, procedimientos y contenidos necesarios para la presentación del estudio de impacto ambiental.
- Ley 5.100 - Decreto 2.404/89. Adhesión a Ley Nacional 20.284 e implementa el Sistema de Control y Monitoreo Ambiental de la Provincia.

- Ley 5.917 Decreto 2.625/99 Res 667/08. Adhesión de la Ley Nacional 24.051 sobre Residuos Peligrosos.
- Ley 6.245 Declara de interés público la conservación y protección de la flora y la fauna salvaje.
- Ley Nº 6.045 Áreas Protegidas Provinciales, Establece regímenes de conservación de dichos ambientes, promover y apoyar la investigación científica y asegurar la diversidad biológica

9. Conclusiones y Recomendaciones

El desarrollo del presente Trabajo Final de Carrera permitió analizar de manera integral la factibilidad técnica, operativa, territorial y socioambiental del Proyecto de Construcción del Taller de Locomotoras y Repotenciación del Taller de Vagones del Ferrocarril General San Martín en la localidad de Palmira, provincia de Mendoza. A partir del estudio realizado, se concluye que la propuesta constituye una respuesta adecuada y estratégica frente a las limitaciones estructurales, operativas y urbanas del actual sistema de mantenimiento ferroviario.

En primer lugar, el análisis de la situación existente evidenció que el taller de locomotoras emplazado en la Ciudad de Mendoza presenta restricciones significativas derivadas de su antigüedad, su inserción en un entorno urbano consolidado y su inadecuación para atender las exigencias tecnológicas del nuevo parque tractivo incorporado por Belgrano Cargas y Logística. Estas condiciones afectan directamente la disponibilidad operativa de las locomotoras, incrementan los costos de mantenimiento y generan externalidades negativas sobre el tejido urbano circundante.

Frente a este escenario, la relocalización de las funciones de mantenimiento pesado y semipesado hacia el complejo ferroviario de Palmira se presenta como una solución técnica y territorialmente coherente.

La selección del emplazamiento, fundamentada mediante un análisis multicriterio, permitió identificar una alternativa que optimiza la integración operativa con el taller de vagones existente, minimiza riesgos legales y reduce la necesidad de inversiones adicionales en infraestructura ferroviaria de acceso. Desde el punto de vista ingenieril, el diseño conceptual del nuevo Taller de Locomotoras responde a criterios funcionales alineados con estándares internacionales, contemplando la organización racional de flujos ferroviarios, la segregación de áreas según tipo de mantenimiento y la incorporación de infraestructura adecuada para la aplicación de estrategias de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. En particular, la posibilidad de avanzar hacia modelos de mantenimiento basados en condición representa un salto cualitativo en la gestión del material rodante, contribuyendo a mejorar la confiabilidad del sistema y a reducir costos a lo largo del ciclo de vida de los activos.

Asimismo, la propuesta de diseño de vías y su jerarquización interna garantizan la operatividad del complejo, evitando interferencias entre circulaciones, facilitando maniobras y permitiendo el crecimiento futuro del sistema. La adopción diferenciada de vía balastada y vía en placa se ajusta a las exigencias operativas y de seguridad propias de un taller ferroviario de gran escala.

Si bien los resultados del análisis económico preliminar señalan que la inversión inicial proyectada encuentra respaldo en los retornos operativos a mediano y largo plazo, este presupuesto está diseñado para servir como punto de partida para futuros análisis de costo-beneficio. Cabe destacar que, para consolidar un análisis de esa escala, se requeriría la cuantificación precisa de los beneficios económicos, una tarea que queda fuera del alcance de este trabajo. Sin perjuicio de ello, se enumeran a continuación los beneficios cualitativos fundamentales: la optimización de los tiempos de mantenimiento, la mayor disponibilidad de locomotoras y la mejora en la eficiencia logística interna. Estos elementos consolidan un potencial claro para fortalecer la sostenibilidad financiera de la red ferroviaria bajo el modelo propuesto.

Desde una perspectiva urbana y socioambiental, la desafectación del predio ferroviario ubicado en el centro de la Ciudad de Mendoza constituye uno de los impactos positivos más relevantes del proyecto. La liberación de suelo urbano de alto valor permite imaginar procesos

de reconversión compatibles con la planificación territorial contemporánea, reduciendo conflictos ambientales, mejorando la seguridad vial y contribuyendo a la calidad de vida de la población. En este sentido, el proyecto trasciende el ámbito estrictamente ferroviario y se consolida como una intervención con efectos estructurales sobre el ordenamiento territorial regional.

En función de las conclusiones expuestas, se recomienda que futuras etapas del proyecto profundicen el desarrollo de la ingeniería de detalle, incorporen estudios económicos cuantitativos más exhaustivos y avancen en la planificación de fases constructivas que permitan una implementación progresiva del complejo. Asimismo, resulta pertinente considerar la integración de sistemas digitales de gestión del mantenimiento y el fortalecimiento de programas de capacitación del personal, con el objetivo de maximizar los beneficios operativos de la nueva infraestructura.

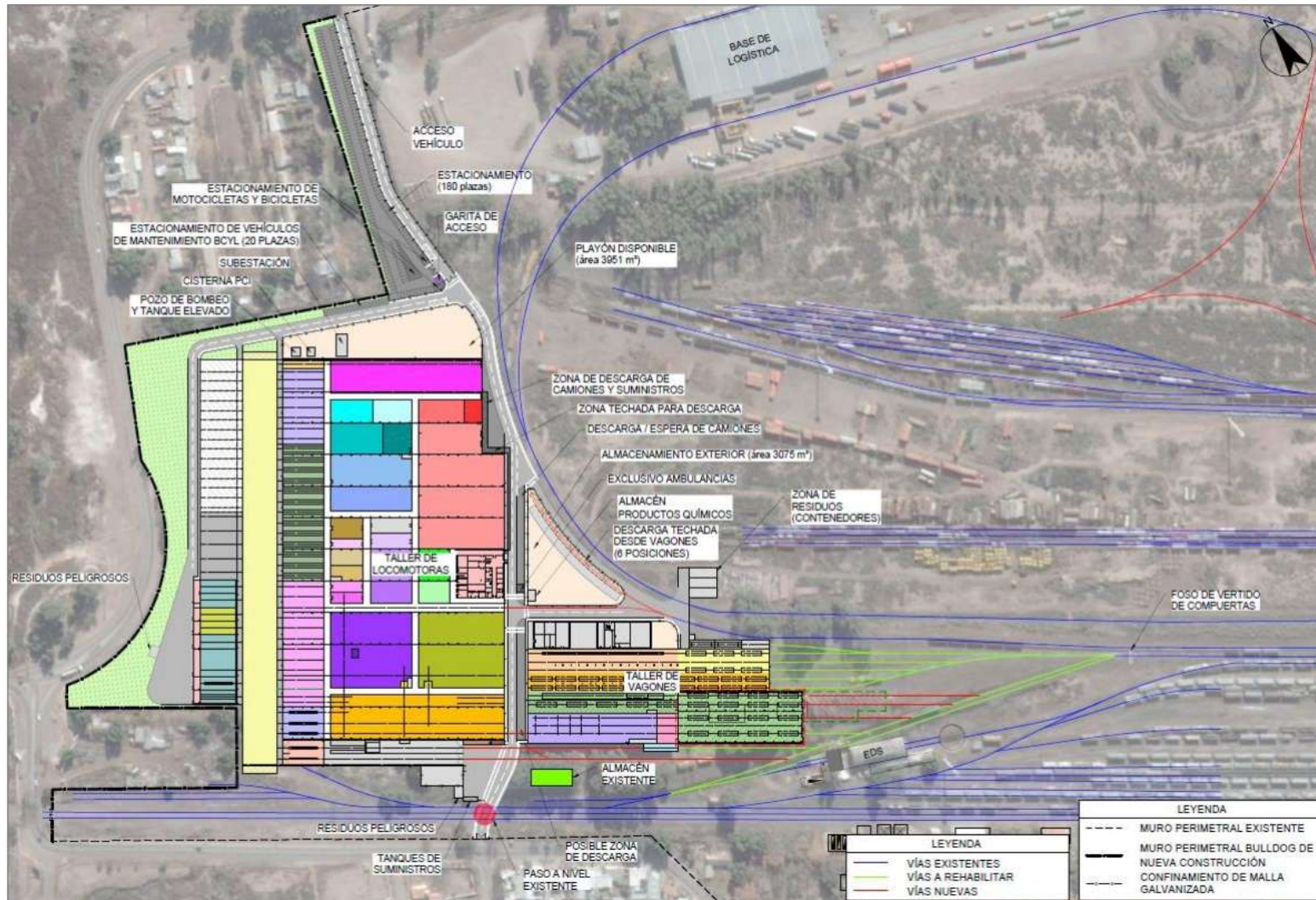
En conclusión, el Proyecto Palmira se configura como una inversión estratégica para el sistema ferroviario argentino, capaz de mejorar la eficiencia operativa, potenciar el desarrollo regional y contribuir a una gestión más sostenible del transporte ferroviario de cargas en el corredor del Ferrocarril General San Martín.

10. Bibliografía

- Albrecht, T., Zimmermann, A., & Gresch, A. (2019). Rail vehicle maintenance strategies: A review of corrective and preventive approaches. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 12, 100–112.
- Barszcz, T., Jabłoński, A., & Hebda-Sobkowicz, J. (2021). Condition-based maintenance in railway vehicles: Sensor technologies and diagnostic methods. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 154, 107–191.
- BCyL. (2017). Informe técnico de incorporación de material rodante y tracción. Belgrano Cargas y Logística S.A.
- CRRC Corporation. (2016). Rolling Stock Export Achievements Report. CRRC Qingdao Sifang Co. Ltd.
- IDR Mendoza. (2020). Plan de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de Mendoza. Instituto de Desarrollo Regional.
- IGN Argentina. (2024). Base Cartográfica Digital de la República Argentina. Instituto Geográfico Nacional.
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology. ISO.
- López-Pita, A., & Robusté, F. (2020). Ingeniería ferroviaria: Infraestructura, material rodante y explotación. Ediciones UPC.
- Ministerio de Transporte. (2021). Diagnóstico operativo y de infraestructura del Ferrocarril General San Martín. Secretaría de Planificación del Transporte.
- Ministerio del Interior y Transporte. (2010). Contrato marco entre la República Argentina y China Machinery Engineering Corporation (CMEC).
- UIC. (2006). UIC Leaflet 505-1: Rolling stock construction gauge. International Union of Railways.
- Unidad de Planificación Territorial. (2020). Lineamientos estratégicos para el corredor logístico del Este Mendocino. Gobierno de Mendoza.
- Unidad Ejecutora del Belgrano Cargas. (2016). Actualización del Programa de Renovación del Ferrocarril Belgrano. Ministerio de Transporte de la Nación.
- Union Internationale des Chemins de Fer. (2018). UIC Code 612: Maintenance of Railway Vehicles. UIC.
- AREMA. (2020). Manual for Railway Engineering. American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association.
- Flyvbjerg, B. (2014). What You Should Know About Megaprojects and Why: An Overview. *PM World Journal*, 3(2).
- INDEC. (2023). Índice del Costo de la Construcción. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Argentina.
- UIC. (2012). Railway Infrastructure Maintenance. International Union of Railways.
- BCyL. (2022). Pliegos técnicos y presupuestos de infraestructura ferroviaria. Belgrano Cargas y Logística S.A.
- ADIF. (2021). Documentación técnica y económica de obras ferroviarias. Trenes Argentinos Infraestructura.

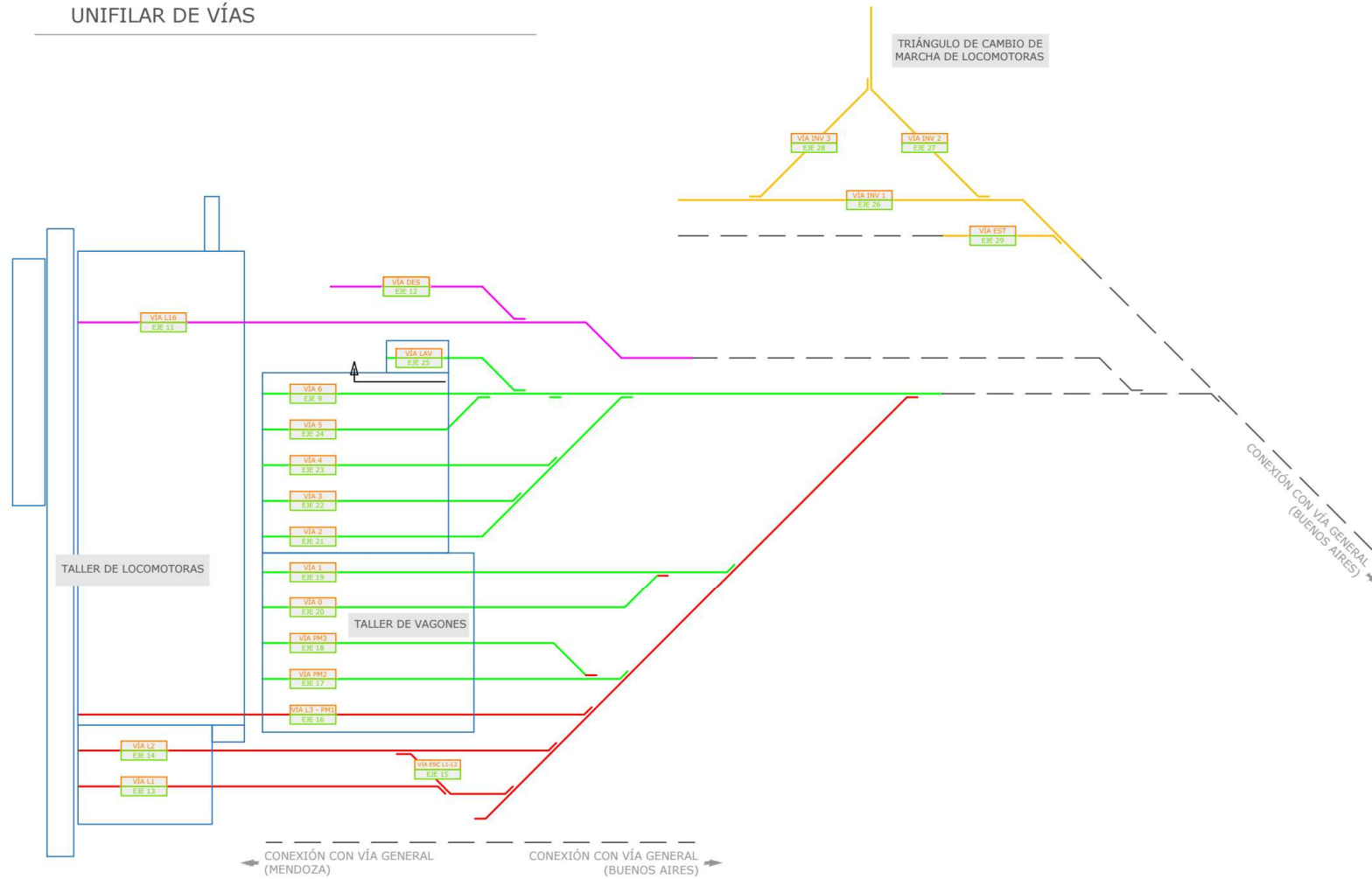
11. Anexos

11.1. Esquema de Talleres y Dependencias



11.2. Esquema unifilar de Vías

UNIFILAR DE VÍAS



11.3. Curva de Inversión y Cronograma de Obra

