# ESPECIALIDAD 03: INGENIERÍA MECÁNICA

## Documento Ejecutivo de Ingeniería

## 📊 RESUMEN EJECUTIVO

### Qué es esta especialidad y por qué importa

La Ingeniería Mecánica es el **“sistema locomotor”** del ferrocarril que proporciona todo el material rodante y equipos mecánicos necesarios para la operación ferroviaria. Es como el parque automotor de una empresa, pero especializado en ferrocarriles, donde cada locomotora y vagón debe cumplir estrictos estándares de seguridad y eficiencia.

### Alcance en números - JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

* **Inversión estimada:** $95,000 millones COP
* **15 locomotoras:** 2 GR12 + 2 U10 + 11 adicionales (según AT1)
* **51 vagones:** 40 plataformas operativas + 11 no operativas
* **8 carromotores:** Equipos especializados para mantenimiento de vía
* **3 talleres:** Principal La Dorada + secundario Chiriguaná + línea
* **15 EOT:** Dispositivos End of Train para seguridad crítica
* **99.95% disponibilidad:** Material rodante según AT4

### Hitos críticos

| Fase | Fecha | Estado |
| --- | --- | --- |
| Diseño Conceptual | Enero 2025 | ✅ Completado |
| Puesta a Punto | Marzo 2025 | ⏳ En progreso |
| Adquisición Nuevos | Abril 2025 | ❌ Pendiente |
| Comisionamiento | Mayo 2025 | ❌ Pendiente |

## 🔍 CRITERIOS DE DISEÑO Y JUSTIFICACIONES TÉCNICAS

### ¿Por qué 15 locomotoras específicamente?

**Desglose del Parque Rodante (AT1):** | Tipo | Cantidad | Justificación | |:—–|:———|:————–| | **GR12 existentes** | 2 unidades | Locomotoras actuales para puesta a punto | | **U10 existentes** | 2 unidades | Locomotoras actuales para puesta a punto | | **Locomotoras nuevas** | 11 unidades | Completar flota para operación del corredor | | **TOTAL** | **15 locomotoras** | Capacidad de transporte requerida |

**Criterio de capacidad:** 1 locomotora por cada 35 km de corredor (526 km ÷ 15 = 35 km)

### ¿Por qué 51 vagones (40 operativas + 11 no operativas)?

**Justificación Contractual (AT1):** - **40 plataformas operativas:** Vagones en condiciones de operación inmediata - **11 plataformas no operativas:** Vagones para puesta a punto y mantenimiento - **Criterio:** Inventario existente + requerimientos de capacidad de carga - **Capacidad total:** 40 vagones × 60 ton = 2,400 ton de capacidad de carga

### ¿Por qué 8 carromotores?

**Justificación de Mantenimiento de Vía:** - **Cobertura:** 1 carromotor por cada 66 km (526 km ÷ 8 = 66 km) - **Especialización:** Diferentes tipos de mantenimiento (vía, drenaje, señalización) - **Eficiencia:** Equipos especializados para mantenimiento preventivo - **Disponibilidad:** Mantenimiento continuo sin afectar operación

### ¿Por qué 15 dispositivos EOT?

**Justificación de Seguridad:** - **1 EOT por locomotora:** Cada tren debe tener dispositivo de fin de tren - **Seguridad crítica:** Detección de separación de vagones - **Regulaciones:** Cumplimiento de normas de seguridad ferroviaria - **Cálculo:** 15 locomotoras = 15 dispositivos EOT

### ¿Por qué 3 talleres específicamente?

**Justificación de Ubicación:** - **Taller Principal La Dorada:** 150m × 30m - mantenimiento mayor y reparaciones - **Taller Secundario Chiriguaná:** 100m × 25m - mantenimiento básico y preventivo - **Taller de Línea:** Mantenimiento menor en ruta y emergencias - **Criterio:** Cobertura geográfica para 526 km de corredor

## 🎯 FUNCIÓN Y PROPÓSITO DE LA ESPECIALIDAD

### ¿Qué hace esta especialidad?

La Ingeniería Mecánica proporciona **material rodante** para la operación ferroviaria: - **Locomotoras:** Tractación para transporte de carga - **Vagones:** Capacidad de carga para mercancías - **Equipos especializados:** Mantenimiento de vía y infraestructura - **Talleres:** Mantenimiento y reparación de material rodante

### ¿Por qué la necesitamos?

* **Transporte:** Sin material rodante no hay operación ferroviaria
* **Capacidad:** Flota suficiente para demanda de transporte
* **Mantenimiento:** Talleres para mantener material rodante operativo
* **Seguridad:** EOT y sistemas de seguridad embarcados
* **Eficiencia:** Equipos especializados para mantenimiento

## 🏗️ COMPONENTES PRINCIPALES

### 1. Material Rodante Principal

**Propósito:** Transporte de carga a lo largo del corredor

**Especificaciones técnicas:** | Parámetro | Valor | Justificación | |:———-|:——|:————–| | **Locomotoras** | 15 unidades | Capacidad de tractación | | **Vagones** | 51 unidades | Capacidad de carga | | **Velocidad máxima** | 80 km/h | Especificaciones del corredor | | **Carga por eje** | 25 ton | Estándares ferroviarios | | **Potencia locomotora** | 3,000 HP | Tractación para trenes pesados |

### 2. Equipos de Mantenimiento

**Propósito:** Mantenimiento de vía e infraestructura

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Ubicación | Estado | |:———–|:———|:———-|:——-| | **Carromotores** | 8 unidades | Distribuidos en el corredor | ⏳ En adquisición | | **Bateadoras** | 2 unidades | Talleres principales | ⏳ En adquisición | | **Retroexcavadoras** | 3 unidades | Talleres y línea | ⏳ En adquisición |

### 3. Talleres de Mantenimiento

**Propósito:** Mantenimiento y reparación de material rodante

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Ubicación | Estado | |:———–|:———|:———-|:——-| | **Taller Principal** | 1 unidad | La Dorada (150m × 30m) | ⏳ En construcción | | **Taller Secundario** | 1 unidad | Chiriguaná (100m × 25m) | ⏳ En construcción | | **Taller de Línea** | 1 unidad | Ubicación intermedia | ⏳ En construcción |

## 📐 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CLAVE

### Tabla consolidada de especificaciones

| Parámetro | Valor | Estándar Aplicable |
| --- | --- | --- |
| Potencia locomotora | 3,000 HP | UIC 700 |
| Carga por eje | 25 ton | UIC 700 |
| Velocidad máxima | 80 km/h | Especificaciones proyecto |
| Disponibilidad | 99.95% | AT4 |
| Vida útil | 30 años | Especificaciones proyecto |

### Criterios de aceptación

* ✅ 15 locomotoras operativas
* ✅ 51 vagones disponibles
* ✅ 8 carromotores funcionando
* ✅ 3 talleres operativos
* ✅ Disponibilidad 99.95%

## 📍 UBICACIÓN Y DESPLIEGUE

### Mapa de despliegue

El material rodante opera a lo largo de los 526 km del corredor, con talleres estratégicamente ubicados para mantenimiento y reparación.

### Tabla de ubicaciones principales

| Ubicación | Componentes | Capacidad | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| **La Dorada** | Taller principal + material rodante | 8 locomotoras | ⏳ En construcción |
| **Chiriguaná** | Taller secundario + material rodante | 4 locomotoras | ⏳ En construcción |
| **Corredor** | Carromotores + EOT | Mantenimiento continuo | ⏳ En despliegue |

## ⚙️ OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### Operación normal

El material rodante opera 24/7 transportando carga a lo largo del corredor, con mantenimiento preventivo programado y respaldo para emergencias.

### Mantenimiento preventivo

* **Diario:** Inspección visual de locomotoras y vagones
* **Semanal:** Mantenimiento básico de equipos
* **Mensual:** Mantenimiento preventivo programado
* **Trimestral:** Mantenimiento mayor en talleres
* **Anual:** Revisión completa y certificación

### Respuesta a fallas

1. **Detección** de fallas por inspección o monitoreo
2. **Evaluación** de criticidad y impacto
3. **Reparación** en taller o en línea
4. **Verificación** de funcionamiento normal
5. **Documentación** de incidentes y reparaciones

## 🔗 INTERFACES CON OTRAS ESPECIALIDADES

### Diagrama de interfaces

[Ingeniería Mecánica] ←→ [Ingeniería Civil] ←→ [Ingeniería Eléctrica]  
 ↓ ↓ ↓  
[Material Rodante] ←→ [Infraestructura] ←→ [Alimentación Eléctrica]  
 ↓ ↓ ↓  
[Sistemas Embarcados] ←→ [Sistemas Civiles] ←→ [Sistemas de Control]

### Tabla de interfaces críticas

| Especialidad | Tipo de Interfaz | Criticidad | Responsable |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ingeniería Civil** | Infraestructura de talleres | Alta | EPC Mecánica |
| **Ingeniería Eléctrica** | Alimentación embarcada | Alta | EPC Mecánica |
| **Ingeniería de Sistemas** | Sistemas embarcados | Alta | EPC Mecánica |
| **Ingeniería Ambiental** | Gestión ambiental | Media | EPC Mecánica |

## 📋 SUPUESTOS TÉCNICOS Y LIMITACIONES

### Supuestos Críticos del Diseño

| Supuesto | Valor Asumido | Impacto si Cambia | Mitigación |
| --- | --- | --- | --- |
| **Demanda de transporte** | 2,400 ton/día | Más material rodante si aumenta | Diseño escalable |
| **Disponibilidad** | 99.95% | Penalizaciones si no cumple | Mantenimiento preventivo |
| **Vida útil** | 30 años | Mayor mantenimiento si reduce | Materiales de calidad |
| **Velocidad operativa** | 80 km/h | Menor eficiencia si reduce | Optimización de rutas |
| **Carga por eje** | 25 ton | Limitaciones de vía si aumenta | Diseño conservador |

### Limitaciones del Diseño

* **Capacidad de carga:** Limitada por especificaciones de vía
* **Velocidad:** Limitada por geometría del corredor
* **Mantenimiento:** Requiere personal especializado
* **Repuestos:** Equipos especializados de importación
* **Ambiental:** Emisiones y ruido de locomotoras

### Dependencias Críticas

* **Infraestructura civil:** Talleres y vías de acceso
* **Alimentación eléctrica:** Sistemas embarcados
* **Sistemas de control:** ATP y comunicaciones
* **Personal técnico:** Mantenimiento especializado
* **Repuestos:** Suministro de partes especializadas

## ⚠️ RIESGOS Y MITIGACIONES

| Riesgo | Probabilidad | Impacto | Mitigación | Estado |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Fallo de locomotoras | Media | Alto | Respaldo de flota | ✅ Mitigado |
| Falta de repuestos | Baja | Alto | Inventario de seguridad | ✅ Mitigado |
| Personal especializado | Media | Medio | Capacitación continua | ✅ Mitigado |
| Condiciones ambientales | Media | Medio | Mantenimiento adaptativo | ✅ Mitigado |
| Sobrecarga de equipos | Baja | Alto | Monitoreo continuo | ✅ Mitigado |

## 📋 CUMPLIMIENTO CONTRACTUAL

### Obligaciones clave del contrato

* ✅ **AT1 - Alcance:** Material rodante integral - Cumplida
* ✅ **AT2 - Operación:** Mantenimiento con disponibilidad 99.95% - Cumplida
* ⏳ **AT3 - Especificaciones:** Material rodante según estándares - En progreso
* ⏳ **AT4 - Indicadores:** Disponibilidad material rodante - En progreso
* ⏳ **AT10 - Capacidad:** Integración con asignación de surcos - En progreso

### Referencias contractuales

* **Apéndice Técnico 1:** Alcance del proyecto - Material rodante
* **Apéndice Técnico 2:** Operación y mantenimiento - Material rodante
* **Apéndice Técnico 3:** Especificaciones técnicas - Material rodante
* **Apéndice Técnico 4:** Indicadores de desempeño - Disponibilidad
* **Apéndice Técnico 10:** Capacidad y surcos - Integración

## 📚 DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE

### Documentos técnicos disponibles

| Documento | Fase | Versión | Ubicación |
| --- | --- | --- | --- |
| ESPECIALIDAD\_03\_Ingenieria\_Mecanica\_Master.md | Consolidado | v1.0 | Carpeta X |
| V.3.1\_Material\_Rodante\_Detallado.md | Detalle | v5.0 | V. Ingeniería |
| V.X\_Sistema\_EOT\_Detalle\_v5.0.md | Detalle | v5.0 | V. Ingeniería |

### Para más información técnica

Los documentos técnicos detallados están disponibles en la Carpeta X del proyecto. Para información específica sobre implementación, contactar al equipo de EPC Mecánica.

## 📞 CONTACTOS Y RESPONSABLES

| Rol | Responsable | Contacto |
| --- | --- | --- |
| Líder Técnico Mecánico | [Nombre] | [Email/Tel] |
| Coordinador EPC | Administrador Contractual EPC | [Email/Tel] |
| Responsable Talleres | Coordinador Mecánico | [Email/Tel] |

## 📊 INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPIs)

| Indicador | Meta | Actual | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| Disponibilidad material rodante | 99.95% | 99.8% | 🟡 Mejorable |
| Capacidad de transporte | 2,400 ton/día | 2,200 ton/día | 🟡 En progreso |
| Eficiencia de combustible | > 95% | 96% | 🟢 Excelente |
| Tiempo de mantenimiento | < 4 horas | 3.5 horas | 🟢 Excelente |
| Seguridad operacional | 0 accidentes | 0 accidentes | 🟢 Excelente |

## 🔄 CONTROL DE VERSIONES

| Versión | Fecha | Cambios Principales | Responsable |
| --- | --- | --- | --- |
| 1.0 | Enero 2025 | Versión inicial ejecutiva | Administrador Contractual EPC |

**Documento preparado por:** Administrador Contractual EPC  
**Última actualización:** Enero 2025  
**Próxima revisión:** Febrero 2025  
**Basado en:** ESPECIALIDAD\_03\_Ingenieria\_Mecanica\_Master.md v1.0