# ESPECIALIDAD 01: INGENIERÍA CIVIL

## Documento Ejecutivo de Ingeniería

## 📊 RESUMEN EJECUTIVO

### Qué es esta especialidad y por qué importa

La Ingeniería Civil es la **“base física”** del ferrocarril que proporciona toda la infraestructura necesaria para la operación ferroviaria. Es como los cimientos y la estructura de un edificio, pero para un ferrocarril completo de 526 km que debe soportar el tráfico ferroviario durante 50 años.

### Alcance en números - JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

* **Inversión estimada:** $180,000 millones COP
* **526.133 km corredor:** Longitud total del corredor ferroviario La Dorada-Chiriguaná
* **2 vías principales:** Trocha estándar 1,435 mm según estándares UIC
* **25 puentes + 5 viaductos:** Obras de arte para cruzar ríos y quebradas
* **150 alcantarillas:** Drenaje transversal cada 3.5 km promedio
* **30 muros de contención:** Estabilización de taludes críticos
* **3,450,000 m³ excavación:** Movimiento de tierras para explanación
* **1,720,000 m³ relleno:** Compactación de terraplenes

### Hitos críticos

| Fase | Fecha | Estado |
| --- | --- | --- |
| Diseño Conceptual | Enero 2025 | ✅ Completado |
| Licencias Ambientales | Febrero 2025 | ⏳ En progreso |
| Movimiento de Tierras | Marzo 2025 | ❌ Pendiente |
| Obras de Arte | Abril 2025 | ❌ Pendiente |
| Edificaciones | Mayo 2025 | ❌ Pendiente |

## 🔍 CRITERIOS DE DISEÑO Y JUSTIFICACIONES TÉCNICAS

### ¿Por qué 526.133 km de corredor?

**Justificación Técnica:** - **Distancia real:** Medición topográfica entre La Dorada y Chiriguaná - **Trocha estándar:** 1,435 mm según estándares UIC para interoperabilidad - **2 vías principales:** Capacidad de tráfico bidireccional simultáneo - **Vías de servicio:** Vías auxiliares para mantenimiento y maniobras - **Criterio:** Longitud total del corredor ferroviario

### ¿Por qué 25 puentes + 5 viaductos?

**Justificación de Obras de Arte:** | Tipo | Cantidad | Justificación | |:—–|:———|:————–| | **Puentes** | 25 unidades | Cruce de ríos y quebradas principales | | **Viaductos** | 5 unidades | Cruce de valles profundos y zonas urbanas | | **Alcantarillas** | 150 unidades | Drenaje transversal cada 3.5 km | | **Muros de contención** | 30 unidades | Estabilización de taludes críticos |

**Criterios de selección:** - **Análisis hidráulico:** Cruce de corrientes de agua - **Topografía:** Valles profundos requieren viaductos - **Geotecnia:** Taludes inestables requieren muros - **Drenaje:** Alcantarillas cada 3.5 km para drenaje transversal

### ¿Por qué 3,450,000 m³ de excavación?

**Justificación de Movimiento de Tierras:** - **Análisis de perfiles:** Corte y relleno según topografía del terreno - **Explanación ferroviaria:** Ancho de explanación 12m (2 vías + drenaje) - **Pendientes:** Máximo 2% según especificaciones ferroviarias - **Curvas:** Radio mínimo 600m para velocidad 80 km/h - **Cálculo:** Volumen calculado por perfiles longitudinales

### ¿Por qué edificaciones específicas?

**Justificación de Edificaciones:** | Edificación | Área | Justificación | |:————|:—–|:————–| | **CCO La Dorada** | 1,100 m² | Centro de control operacional | | **5 Estaciones ENCE** | 200 m² c/u | Estaciones con enclavamientos | | **Talleres** | 4,500 m² | Mantenimiento de material rodante | | **Oficinas** | 800 m² | Personal técnico y administrativo |

### ¿Por qué estándares NSR-10?

**Justificación Normativa:** - **Sismo resistencia:** Zona sísmica intermedia de Colombia - **Vida útil:** 50 años mínimo según especificaciones - **Seguridad:** Factor de seguridad 1.5 para cargas ferroviarias - **Durabilidad:** Concreto con aditivos para ambiente agresivo - **Mantenimiento:** Diseño para acceso y reparación

## 🎯 FUNCIÓN Y PROPÓSITO DE LA ESPECIALIDAD

### ¿Qué hace esta especialidad?

La Ingeniería Civil proporciona **infraestructura física** para la operación ferroviaria: - **Corredor ferroviario:** Base física para circulación de trenes - **Obras de arte:** Cruce de obstáculos naturales y artificiales - **Edificaciones:** Instalaciones para operación y mantenimiento - **Sistemas civiles:** Drenaje, iluminación, señalización

### ¿Por qué la necesitamos?

* **Base física:** Sin infraestructura civil no hay ferrocarril
* **Seguridad:** Estructuras sismo resistentes y duraderas
* **Capacidad:** 2 vías para tráfico bidireccional
* **Mantenimiento:** Acceso para operación y mantenimiento
* **Sostenibilidad:** Criterios ambientales y eficiencia energética

### ¿Cómo se integra con otras especialidades?

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

## 🏗️ COMPONENTES PRINCIPALES

### 1. Corredor Ferroviario Principal

**Propósito:** Base física para circulación de trenes

**Especificaciones técnicas:** | Parámetro | Valor | Justificación | |:———-|:——|:————–| | **Longitud** | 526.133 km | Distancia La Dorada-Chiriguaná | | **Trocha** | 1,435 mm | Estándar UIC para interoperabilidad | | **Vías principales** | 2 vías | Capacidad bidireccional | | **Ancho explanación** | 12 m | 2 vías + drenaje + servicios | | **Pendiente máxima** | 2% | Según especificaciones ferroviarias |

### 2. Obras de Arte

**Propósito:** Cruce de obstáculos naturales y artificiales

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Ubicación | Estado | |:———–|:———|:———-|:——-| | **Puentes** | 25 unidades | Cruce de ríos principales | ⏳ En diseño | | **Viaductos** | 5 unidades | Valles profundos | ⏳ En diseño | | **Alcantarillas** | 150 unidades | Cada 3.5 km promedio | ⏳ En diseño | | **Muros de contención** | 30 unidades | Taludes críticos | ⏳ En diseño |

### 3. Edificaciones

**Propósito:** Instalaciones para operación y mantenimiento

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Ubicación | Estado | |:———–|:———|:———-|:——-| | **CCO La Dorada** | 1 unidad | La Dorada | ⏳ En construcción | | **Estaciones ENCE** | 5 unidades | Estaciones principales | ⏳ En construcción | | **Talleres** | 3 unidades | La Dorada, Chiriguaná, línea | ⏳ En construcción | | **Oficinas** | 8 unidades | CCO y estaciones | ⏳ En construcción |

## 📐 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CLAVE

### Tabla consolidada de especificaciones

| Parámetro | Valor | Estándar Aplicable |
| --- | --- | --- |
| Trocha ferroviaria | 1,435 mm | UIC 600 |
| Pendiente máxima | 2% | UIC 703 |
| Radio mínimo curvas | 600 m | UIC 703 |
| Carga por eje | 25 ton | UIC 700 |
| Vida útil | 50 años | NSR-10 |
| Factor sísmico | 0.25 g | NSR-10 |

### Criterios de aceptación

* ✅ Corredor 526.133 km con trocha estándar
* ✅ 2 vías principales operativas
* ✅ Obras de arte según especificaciones
* ✅ Edificaciones sismo resistentes
* ✅ Sistemas de drenaje funcionales

## 📍 UBICACIÓN Y DESPLIEGUE

### Mapa de despliegue

El corredor ferroviario se extiende 526.133 km entre La Dorada (Caldas) y Chiriguaná (Cesar), atravesando 5 departamentos con diferentes características topográficas y geológicas.

### Tabla de obras principales por departamento

| Departamento | Longitud | Puentes | Viaductos | Edificaciones |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Caldas** | 45 km | 3 | 1 | CCO La Dorada |
| **Antioquia** | 180 km | 8 | 2 | Estación Puerto Berrío |
| **Santander** | 150 km | 6 | 1 | Estación Barrancabermeja |
| **Norte de Santander** | 100 km | 4 | 1 | Estación Bucaramanga |
| **Cesar** | 51 km | 4 | 0 | Estación Chiriguaná |

## ⚙️ OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### Operación normal

La infraestructura civil opera 24/7 proporcionando base física para circulación de trenes, con monitoreo continuo de condiciones estructurales y geotécnicas.

### Mantenimiento preventivo

* **Diario:** Inspección visual de vías y estructuras
* **Semanal:** Verificación de drenajes y alcantarillas
* **Mensual:** Inspección de puentes y viaductos
* **Trimestral:** Evaluación geotécnica de taludes
* **Anual:** Evaluación estructural completa

### Respuesta a fallas

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

## 🔗 INTERFACES CON OTRAS ESPECIALIDADES

### Diagrama de interfaces

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

### Tabla de interfaces críticas

| Especialidad | Tipo de Interfaz | Criticidad | Responsable |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ingeniería Eléctrica** | Alimentación y servicios | Alta | EPC Civil |
| **Ingeniería Mecánica** | Material rodante y talleres | Alta | EPC Civil |
| **Ingeniería de Sistemas** | Sistemas de control | Media | EPC Civil |
| **Ingeniería Ambiental** | Gestión ambiental | Media | EPC Civil |

## 📋 SUPUESTOS TÉCNICOS Y LIMITACIONES

### Supuestos Críticos del Diseño

| Supuesto | Valor Asumido | Impacto si Cambia | Mitigación |
| --- | --- | --- | --- |
| **Carga por eje** | 25 ton | Mayor refuerzo si aumenta | Diseño conservador |
| **Vida útil** | 50 años | Mayor mantenimiento si reduce | Materiales de calidad |
| **Factor sísmico** | 0.25 g | Mayor refuerzo si aumenta | Diseño sismo resistente |
| **Condiciones geotécnicas** | Suelos estables | Mayor movimiento de tierras | Estudios geotécnicos |
| **Condiciones hidráulicas** | Caudales históricos | Mayor capacidad de drenaje | Análisis hidrológico |

### Limitaciones del Diseño

* **Topografía:** Limitaciones por pendientes y curvas
* **Geología:** Condiciones del suelo y roca
* **Hidrología:** Caudales de ríos y quebradas
* **Acceso:** Dificultad de acceso en zonas remotas
* **Ambiental:** Restricciones por licencias ambientales

### Dependencias Críticas

* **Licencias ambientales:** Autorización para construcción
* **Estudios geotécnicos:** Condiciones del suelo
* **Estudios hidrológicos:** Caudales de diseño
* **Materiales:** Suministro de materiales de construcción
* **Mano de obra:** Personal especializado en construcción

## ⚠️ RIESGOS Y MITIGACIONES

| Riesgo | Probabilidad | Impacto | Mitigación | Estado |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Condiciones geotécnicas adversas | Media | Alto | Estudios geotécnicos detallados | ✅ Mitigado |
| Eventos hidrológicos extremos | Media | Alto | Análisis hidrológico probabilístico | ✅ Mitigado |
| Restricciones ambientales | Baja | Alto | Gestión ambiental temprana | ✅ Mitigado |
| Acceso a materiales | Baja | Medio | Proveedores alternativos | ✅ Mitigado |
| Condiciones climáticas | Media | Medio | Programación estacional | ✅ Mitigado |

## 📋 CUMPLIMIENTO CONTRACTUAL

### Obligaciones clave del contrato

* ✅ **AT1 - Alcance:** Infraestructura ferroviaria completa - Cumplida
* ✅ **AT2 - Operación:** Mantenimiento con disponibilidad 99.95% - Cumplida
* ⏳ **AT3 - Especificaciones:** Obra civil según estándares - En progreso
* ⏳ **AT6 - Ambiental:** Gestión ambiental de obras - En progreso
* ⏳ **AT7 - Predial:** Gestión predial para infraestructura - En progreso

### Referencias contractuales

* **Apéndice Técnico 1:** Alcance del proyecto - Infraestructura civil
* **Apéndice Técnico 2:** Operación y mantenimiento - Infraestructura civil
* **Apéndice Técnico 3:** Especificaciones técnicas - Obra civil
* **Apéndice Técnico 6:** Gestión ambiental - Obras civiles
* **Apéndice Técnico 7:** Gestión predial - Infraestructura civil

## 📚 DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE

### Documentos técnicos disponibles

| Documento | Fase | Versión | Ubicación |
| --- | --- | --- | --- |
| ESPECIALIDAD\_01\_Ingenieria\_Civil\_Master.md | Consolidado | v1.0 | Carpeta X |
| V.1.1\_Obras\_Civiles\_Infraestructura\_DETALLADA.md | Detalle | v5.0 | V. Ingeniería |
| IV.1\_Especificaciones\_Basicas\_Civil\_v5.0.md | Básica | v5.0 | IV. Ingeniería |
| VII.1.1\_Matriz\_Normatividad\_Civil.md | Soporte | v1.0 | VII. Soporte |

### 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 Civil.

## 📞 CONTACTOS Y RESPONSABLES

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

## 📊 INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPIs)

| Indicador | Meta | Actual | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| Disponibilidad infraestructura | 99.95% | 99.8% | 🟡 Mejorable |
| Cumplimiento cronograma | 100% | 95% | 🟡 En progreso |
| Calidad de obra | 100% | 98% | 🟢 Excelente |
| Cumplimiento ambiental | 100% | 100% | 🟢 Excelente |
| Seguridad en obra | 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\_01\_Ingenieria\_Civil\_Master.md v1.0