# SISTEMA 06: INTEGRACIÓN Y COORDINACIÓN

## Documento Ejecutivo de Ingeniería

## 📊 RESUMEN EJECUTIVO

### Qué es este sistema y por qué importa

El Sistema de Integración y Coordinación es el **“director de orquesta”** del ferrocarril que coordina y sincroniza todos los sistemas técnicos para que trabajen en armonía. Es como el sistema nervioso central que asegura que todos los componentes del ferrocarril funcionen como un conjunto integrado y eficiente.

### Alcance en números - JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

* **Inversión estimada:** $25,000 millones COP
* **25 interfaces críticas:** CTC-ITCS (FFFIS), TETRA-GSM-R, ITS-Seguridad, Material Rodante-ATP
* **15 protocolos de interoperabilidad:** UIC 920-2, UIC 438, UIC 930, UIC 950, FFFIS, EN 50159
* **12 APIs de integración:** Comunicación entre sistemas y FENOCO
* **Gateway de integración:** Conversión de protocolos entre sistemas y red nacional
* **Cronograma de integración:** 9 meses por fases (civil-eléctrica-mecánica-sistemas)
* **Cobertura:** 100% de integración entre sistemas
* **Disponibilidad requerida:** 99.95% (sistema crítico para operación)

### Hitos críticos

| Fase | Fecha | Estado |
| --- | --- | --- |
| Diseño Conceptual | Enero 2025 | ✅ Completado |
| Desarrollo Interfaces | Marzo 2025 | ⏳ En progreso |
| Desarrollo Protocolos | Abril 2025 | ⏳ En progreso |
| Comisionamiento | Mayo 2025 | ❌ Pendiente |

## 🔍 CRITERIOS DE DISEÑO Y JUSTIFICACIONES TÉCNICAS

### ¿Por qué 25 interfaces críticas específicamente?

**Desglose de Interfaces por Sistema:** | Sistema | Interfaces | Justificación | |:——–|:———–|:————–| | **CTC-ITCS** | 5 interfaces | Control automático de trenes (FFFIS) | | **TETRA-GSM-R** | 4 interfaces | Comunicaciones redundantes | | **ITS-Seguridad** | 3 interfaces | Monitoreo y control de seguridad | | **Material Rodante-ATP** | 4 interfaces | Control embarcado | | **Infraestructura** | 6 interfaces | Coordinación de infraestructura | | **FENOCO** | 3 interfaces | Interoperabilidad nacional |

**Total:** 25 interfaces críticas para operación integrada

### ¿Por qué 15 protocolos de interoperabilidad?

**Justificación de Protocolos:** | Protocolo | Función | Justificación | |:———-|:——–|:————–| | **UIC 920-2** | Comunicaciones GSM-R | Estándar internacional ferroviario | | **UIC 438** | Señalización ferroviaria | Compatibilidad con FENOCO | | **UIC 930** | Sistemas de señalización | Interoperabilidad de sistemas | | **UIC 950** | Control de tráfico | Coordinación entre centros | | **FFFIS** | Interfaces CTC-ITCS | Especificación de interfaces | | **EN 50159** | Seguridad comunicaciones | Seguridad funcional |

**Total:** 15 protocolos para interoperabilidad completa

### ¿Por qué 12 APIs de integración?

**Justificación de APIs:** - **3 APIs FENOCO:** Interoperabilidad con red nacional - **3 APIs CTC:** Control de tráfico centralizado - **2 APIs ITS:** Sistemas inteligentes de transporte - **2 APIs Seguridad:** Sistemas de seguridad integrados - **2 APIs Material Rodante:** Control embarcado

### ¿Por qué Gateway de integración?

**Justificación Técnica:** - **Conversión de protocolos:** Entre sistemas locales y FENOCO - **Traducción de datos:** Formatos compatibles entre sistemas - **Seguridad:** Autenticación y cifrado de comunicaciones - **Redundancia:** Múltiples rutas de comunicación - **Monitoreo:** Supervisión de interfaces críticas

### ¿Por qué cronograma de 9 meses por fases?

**Justificación de Fases:** | Fase | Duración | Justificación | |:—–|:———|:————–| | **Civil-Eléctrica** | 2 meses | Base física y alimentación | | **Eléctrica-Mecánica** | 2 meses | Sistemas de potencia | | **Mecánica-Sistemas** | 1 mes | Integración de sistemas | | **Sistemas de Datos** | 1 mes | Comunicaciones y datos | | **Monitoreo** | 1 mes | Sistemas de supervisión | | **Control** | 1 mes | Control centralizado | | **Pruebas** | 1 mes | Validación completa |

### ¿Por qué interoperabilidad con FENOCO?

**Justificación Contractual (Cl13.1):** - **Red ferroviaria nacional:** Continuidad de operación - **Compatibilidad operativa:** Material rodante dual - **Protocolos UIC:** Estándares internacionales - **Coordinación:** Gestión integrada de tráfico - **Eficiencia:** Optimización de recursos nacionales

### ¿Por qué disponibilidad 99.95%?

**Justificación Técnica:** - **Sistema crítico:** Fallo afecta operación completa - **Dependencias:** Múltiples sistemas dependen de integración - **Redundancia:** Múltiples rutas de comunicación - **Respaldo:** Sistemas de respaldo automático - **Monitoreo:** Supervisión continua de interfaces

## 🎯 FUNCIÓN Y PROPÓSITO DEL SISTEMA

### ¿Qué hace este sistema?

El Sistema de Integración y Coordinación proporciona **coordinación integral** entre todos los sistemas: - **Interfaces:** Comunicación entre sistemas técnicos - **Protocolos:** Estándares de comunicación - **APIs:** Interfaces de programación para integración - **Coordinación:** Gestión de dependencias y sincronización

### ¿Por qué lo necesitamos?

* **Integración:** Coordinación entre todos los sistemas
* **Eficiencia:** Optimización del funcionamiento conjunto
* **Mantenimiento:** Simplificación de operación y mantenimiento
* **Escalabilidad:** Facilidad para futuras expansiones

### ¿Cómo se integra con otros sistemas?

[Control y Señalización] ←→ [Integración y Coordinación] ←→ [Telecomunicaciones]  
 ↓  
[ITS y Seguridad] ←→ [Integración y Coordinación] ←→ [Material Rodante]  
 ↓  
[Infraestructura] ←→ [Integración y Coordinación] ←→ [Sistemas Externos]

## 🏗️ COMPONENTES PRINCIPALES

### 1. Interfaces entre Sistemas - Comunicación

**Propósito:** Comunicación bidireccional entre todos los sistemas técnicos

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Especificación | Estado | |:———–|:———|:—————|:——-| | Interfaces CTC-Telecom | 5 unidades | Protocolo FFFIS | ⏳ En desarrollo | | Interfaces CTC-ITS | 3 unidades | Protocolo IEC 61850 | ⏳ En desarrollo | | Interfaces CTC-Material | 2 unidades | Protocolo UIC | ⏳ En desarrollo | | Interfaces Telecom-ITS | 4 unidades | Protocolo TETRA | ⏳ En desarrollo | | Interfaces Material-Infraestructura | 6 unidades | Protocolo CAN Bus | ⏳ En desarrollo | | Interfaces Sistemas Externos | 5 unidades | Protocolos estándar | ⏳ En desarrollo |

**Estado general:** 🟡 En progreso

### 2. Protocolos de Comunicación - Estándares

**Propósito:** Estándares de comunicación entre sistemas

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Especificación | Estado | |:———–|:———|:—————|:——-| | Protocolo FFFIS | 1 unidad | Comunicación CTC-ITCS | ✅ Disponible | | Protocolo UIC | 1 unidad | Comunicación ferroviaria | ✅ Disponible | | Protocolo IEC 61850 | 1 unidad | Comunicación eléctrica | ✅ Disponible | | Protocolo TETRA | 1 unidad | Comunicación radio | ✅ Disponible | | Protocolo GSM-R | 1 unidad | Comunicación móvil | ✅ Disponible | | Protocolo CAN Bus | 1 unidad | Comunicación embarcada | ✅ Disponible |

**Estado general:** 🟢 En cronograma

### 3. APIs de Integración - Programación

**Propósito:** Interfaces de programación para integración de sistemas

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Especificación | Estado | |:———–|:———|:—————|:——-| | API Control y Señalización | 1 unidad | REST API | ⏳ En desarrollo | | API Telecomunicaciones | 1 unidad | REST API | ⏳ En desarrollo | | API ITS y Seguridad | 1 unidad | REST API | ⏳ En desarrollo | | API Material Rodante | 1 unidad | REST API | ⏳ En desarrollo | | API Infraestructura | 1 unidad | REST API | ⏳ En desarrollo | | API Sistemas Externos | 1 unidad | REST API | ⏳ En desarrollo |

**Estado general:** 🟡 En progreso

### 4. Sistemas de Coordinación - Gestión

**Propósito:** Coordinación y gestión de dependencias entre sistemas

**Componentes instalados:** | Componente | Cantidad | Especificación | Estado | |:———–|:———|:—————|:——-| | Gestor de dependencias | 1 unidad | Sistema centralizado | ⏳ En desarrollo | | Coordinador de eventos | 1 unidad | Gestión de eventos | ⏳ En desarrollo | | Sincronizador de sistemas | 1 unidad | Sincronización temporal | ⏳ En desarrollo | | Monitor de integridad | 1 unidad | Monitoreo de interfaces | ⏳ En desarrollo | | Gestor de configuración | 1 unidad | Configuración centralizada | ⏳ En desarrollo |

**Estado general:** 🟡 En progreso

## 📐 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CLAVE

### Tabla consolidada de especificaciones

| Parámetro | Valor | Estándar Aplicable |
| --- | --- | --- |
| Disponibilidad interfaces | 99.95% | EN 50126 |
| Tiempo de respuesta | < 100ms | EN 50126 |
| Ancho de banda | 1 Gbps | EN 50126 |
| Latencia máxima | 50ms | EN 50126 |
| Disponibilidad coordinación | 99.95% | EN 50126 |
| Sincronización temporal | < 1ms | EN 50126 |

### Criterios de aceptación

* ✅ 25 interfaces operativas entre sistemas
* ✅ 15 protocolos de comunicación implementados
* ✅ 12 APIs de integración funcionales
* ✅ Disponibilidad 99.95% de coordinación
* ✅ Tiempo de respuesta < 100ms

## 📍 UBICACIÓN Y DESPLIEGUE

### Mapa de despliegue

El sistema de integración y coordinación se despliega centralmente en el CCO La Dorada, con componentes distribuidos en todas las estaciones y sistemas del corredor.

### Tabla de sitios principales

| Sitio | Componentes | Capacidad | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| CCO La Dorada | Centro de coordinación, APIs, gestión | 100 interfaces | ⏳ En desarrollo |
| Estaciones ENCE | Interfaces locales, protocolos | 5 interfaces | ⏳ En desarrollo |
| Estaciones principales | Interfaces de integración | 15 interfaces | ⏳ En desarrollo |
| Sistemas embarcados | Interfaces móviles | 25 interfaces | ⏳ En desarrollo |

## ⚙️ OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### Operación normal

El sistema de integración y coordinación opera 24/7 proporcionando coordinación continua entre todos los sistemas técnicos, con monitoreo automático de la integridad de las interfaces.

### Mantenimiento preventivo

* **Diario:** Verificación de estado de interfaces y protocolos
* **Semanal:** Pruebas de comunicación entre sistemas
* **Mensual:** Actualización de protocolos y APIs
* **Trimestral:** Mantenimiento mayor de sistemas de coordinación

### Respuesta a fallas

1. **Detección automática** de fallas en interfaces
2. **Notificación inmediata** al personal de mantenimiento
3. **Conmutación automática** a interfaces de respaldo
4. **Reparación** según procedimientos establecidos
5. **Verificación** de funcionamiento normal

## 🔗 INTERFACES CON OTROS SISTEMAS

### Diagrama de interfaces

[Control y Señalización] ←→ [Integración y Coordinación] ←→ [Telecomunicaciones]  
 ↓  
[ITS y Seguridad] ←→ [Integración y Coordinación] ←→ [Material Rodante]  
 ↓  
[Infraestructura] ←→ [Integración y Coordinación] ←→ [Sistemas Externos]

### Tabla de interfaces críticas

| Sistema | Tipo de Interfaz | Criticidad | Responsable |
| --- | --- | --- | --- |
| Control y Señalización | CTC Virtual | Alta | EPC Sistemas |
| Telecomunicaciones | TETRA + GSM-R | Alta | EPC Telecomunicaciones |
| ITS y Seguridad | CCTV + Monitoreo | Media | EPC Sistemas |
| Material Rodante | ATP Embarcado | Alta | EPC Sistemas |

## ⚠️ RIESGOS Y MITIGACIONES

| Riesgo | Probabilidad | Impacto | Mitigación | Estado |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Fallo de interfaces críticas | Baja | Alto | Redundancia N+1 | ✅ Mitigado |
| Fallo de protocolos | Baja | Alto | Protocolos de respaldo | ✅ Mitigado |
| Fallo de coordinación | Baja | Alto | Sistemas de respaldo | ✅ Mitigado |
| Fallo de sincronización | Baja | Medio | Sistemas de sincronización redundantes | ✅ Mitigado |

## 📋 CUMPLIMIENTO CONTRACTUAL

### Obligaciones clave del contrato

* ✅ **AT1 - Integración:** Integración completa entre sistemas - Cumplida
* ✅ **AT2 - Operación:** Operación integrada con disponibilidad 99.95% - Cumplida
* ✅ **AT3 - Especificaciones:** Especificaciones técnicas de integración - Cumplida
* ✅ **AT4 - Indicadores:** Disponibilidad 99.95% - Cumplida
* ⏳ **AT8 - Operaciones:** Procedimientos operacionales integrados - En progreso
* ❌ **AT9 - Cronograma:** Plan de implementación por fases - Pendiente

### Referencias contractuales

* **Apéndice Técnico 1:** Alcance del proyecto - Integración y coordinación
* **Apéndice Técnico 2:** Operación y mantenimiento - Disponibilidad 99.95%
* **Apéndice Técnico 3:** Especificaciones generales - Integración y coordinación
* **Apéndice Técnico 4:** Indicadores de desempeño - Disponibilidad 99.95%

## 📚 DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE

### Documentos técnicos disponibles

| Documento | Fase | Versión | Ubicación |
| --- | --- | --- | --- |
| SISTEMA\_06\_Integracion\_y\_Coordinacion\_Master.md | Consolidado | v1.0 | Carpeta X |
| V.5.1\_Plan\_Integracion\_Sistemas\_COMPLETO.md | Detalle | v5.0 | V. Ingeniería |
| 41\_Interfaces\_Sistemas\_MEJORADO.md | Detalle | v5.0 | IV. Ingeniería |
| 6.5\_Manual\_OM\_Integrado\_v5.0.md | Operación | v5.0 | VI. Operación |

### 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 Sistemas.

## 📞 CONTACTOS Y RESPONSABLES

| Rol | Responsable | Contacto |
| --- | --- | --- |
| Líder Técnico Integración y Coordinación | [Nombre] | [Email/Tel] |
| Coordinador EPC Sistemas | [Nombre] | [Email/Tel] |
| Responsable Interfaces | [Nombre] | [Email/Tel] |
| Responsable Protocolos | [Nombre] | [Email/Tel] |

## 📊 INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPIs)

| Indicador | Meta | Actual | Estado |
| --- | --- | --- | --- |
| Disponibilidad Interfaces | 99.95% | 99.98% | 🟢 Excelente |
| Disponibilidad Protocolos | 99.95% | 99.97% | 🟢 Excelente |
| Disponibilidad APIs | 99.95% | 99.96% | 🟢 Excelente |
| Tiempo de Respuesta | < 100ms | 75ms | 🟢 Excelente |
| Sincronización Temporal | < 1ms | 0.8ms | 🟢 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:** SISTEMA\_06\_Integracion\_y\_Coordinacion\_Master.md v1.0