



Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

Implementación de L6 y L3 de Metro Santiago

Una mirada desde el
Material Rodante y CBTC



Implementación de L6 y L3 de Metro Santiago

Una mirada desde el Material Rodante y CBTC

- 1.- Introducción
- 2.- Desafíos
- 3.- Lecciones aprendidas
- 4.- Conclusiones

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- CARACTERÍSTICAS DE METRO SANTIAGO L6 & L3:

Línea 6:

- 15 Trenes
- 15 kms
- 10 estaciones
- T. Recorrido: 20'

Línea 3:

- 26 Trenes
- 22 kms
- 18 estaciones
- T. Recorrido: 31'

Previsión de demanda:

- 14.000 pax/h
 - 17.000 pax/h
- Se estima doblar estas cifras en 2048

Líneas 6 & 3:

- Interoperabilidad
- Modo Operación UTO
- Frecuencia hasta 90"
- Vmax 80 km/h



1.2.- CONSORCIO CAF & THALES EN EL PROYECTO L6 & L3

- Proyecto estratégico – Primer UTO en conjunto
- Suministro MR (AS – 2014)
- Suministro CBTC GoA4 (SelTrac®)
- Suministro Equipamiento Taller
- Mantenimiento 20 años

CAF
Serie AS-2014
Plataforma Inneo

- Voltaje: 1500 VCC con captación superior
- Aire acondicionado
- Configuración: 5 coches de 20m c/u
- Pantallas de información a pasajeros y CCTV
- Capacidad: 1300 pasajeros + 2 PMR

Thales
CBTC SelTrac®

- UTO - Unattended Train Operation
- Presente en más de 30 metros y sistemas automáticos del mundo
- Tecnología de cantón móvil
- Ahorro de energía → Green CBTC

2.- DESAFÍOS DEL PROYECTO



2.1.- PLAZOS

- Orientar la **fase de diseño** en torno a una buena integración CBTC-MR → minimiza errores que pudiesen aparecer en fases posteriores
- Adelantar **pruebas durante la fase de fabricación**:
 - Pruebas funcionales de ciertos sistemas con el fin de detectar posibles errores lo antes posible y realizar las correcciones oportunas (VAC, ...)
- Identificación y realización de **pruebas críticas previas al transporte a Santiago**:
 - Pruebas Integración COM (Nave de Pruebas)
 - Pruebas Integración CBTC-MR - Vía de pruebas (Valenciennes)
- En etapa de **Pruebas en Sitio** → Avance de pruebas mediante simulador ATS
 - Debido a las necesidades de proyecto de avanzar en paralelo con las fases de instalación y pruebas, se desarrolló de un simulador de ATS que permitió recrear situaciones de circulación aptas para la continuación de las pruebas.



2.2.- REQUERIMIENTOS FUNCIONALES & RAMS

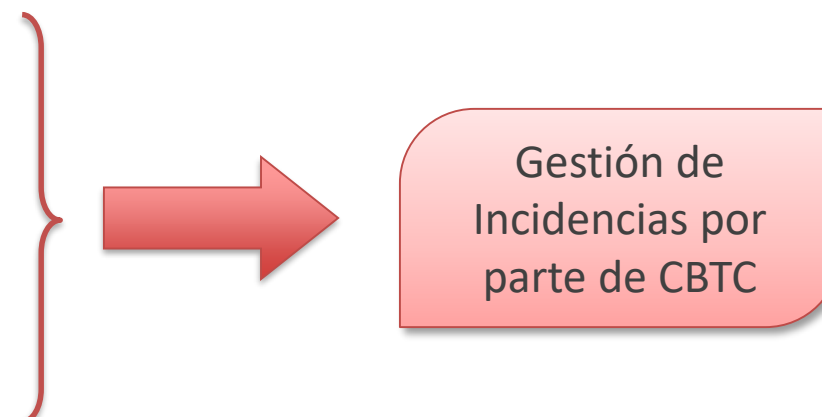
- **Tiempo de recorrido**
 - Optimización de los algoritmos de **demanda de tracción-freno**
 - Sincronización eficiente de los **diagramas de tiempo de apertura y cierre de puertas** (tren y PDA)
- **Tiempos de arranque** del tren reducidos
 - Proceso de arranque del tren:
 - Tareas en serie** → P63: activación en paralelo, consecuente ahorro del 20% del tiempo
 - **Modo dormido**: estado de stand-by del tren → evita arranque completo del tren
- **Precisión de alineación**:
 - Desarrollo de algoritmos de detención → **Fine tuning** >>> precisión
 - Optimizar parámetros de **engrase UTO** (nº de trenes engrasando)
 - Desgaste de pestaña
 - Precisión de alineación
- Integrar **RAM & Safety & Ingeniería** en el diseño de la arquitectura del Tren
 - Arquitectura optimizada en cuanto al cumplimiento de requerimientos (ER, ...)
 - Proveedores estratégicos para sistemas críticos (tracción, freno, puertas, ...)



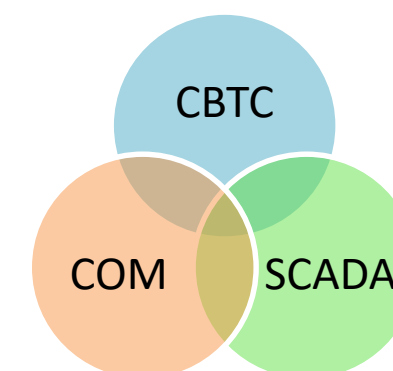
2.3.- AUTOMATIZACIÓN Y CENTRALIZACIÓN

- Traspaso de gestión de funciones MR → CBTC para una **mayor funcionalidad automatizada**

- Gestión integrada de la evacuación
- Alarma de detección de humos
- Tirador de emergencia
- Pérdida de integridad del tren
- Apertura del lazo de puertas
- Desenclavador de puerta lateral



- Desarrollo de **64 funcionalidades adicionales** al producto SelTrac® base, para cumplimiento con el grado de automatización integrada requerido en el proyecto L6 y L3
- **Integración multisistema** a nivel de Centro de Control de Operaciones
 - Estrecha Colaboración con el operador → Cómo se quiere operar ?
 - Intercambio de alto volumen de Data → Anticiparse mediante pruebas en laboratorio



2.4.- EFICIENCIA ENERGÉTICA

- MR: **optimización de consumos** mediante:
 - Eficiencia de los sistemas de tracción/freno
 - Estricto seguimiento del parámetro del peso de todos los equipos del tren durante diseño y fabricación

- CBTC: desarrollo modo de operación de ahorro de energía: **Green CBTC**
 - Inclusión en los modos de operación el **Modo Económico**, basado en:
 - Aceleraciones y deceleraciones moderadas
 - Maximización del *coasting*
 - Freno regenerativo



Reducción de consumo de
hasta 15%

2.5.- INTEGRACIÓN

- Integración → **peso importante** dentro del proyecto:
 - Integración como sistema independiente (MR, CBTC, ET, Integración)
 - Creación de equipo de gestión de integración full time en destino
- Definición y puesta en práctica del **Plan para la Gestión de la Integración** basado en:
 - Definir y establecer **canales y procesos de comunicación** eficientes entre las partes
 - Identificación de interfaces y definición de **alcances y responsabilidades**
 - Definición de las interfaces en la **Ruta Crítica** para cada sistema
 - Documento de Control de Interfaz **acordado y vinculante** entre las partes
 - Desarrollo y seguimiento durante las diferentes **fases del proyecto**

Bases/pliegos

DISEÑO

INSTALACIÓN

PRUEBAS

PUESTA EN MARCHA/
MANTENIMIENTO

2.5.- INTEGRACIÓN

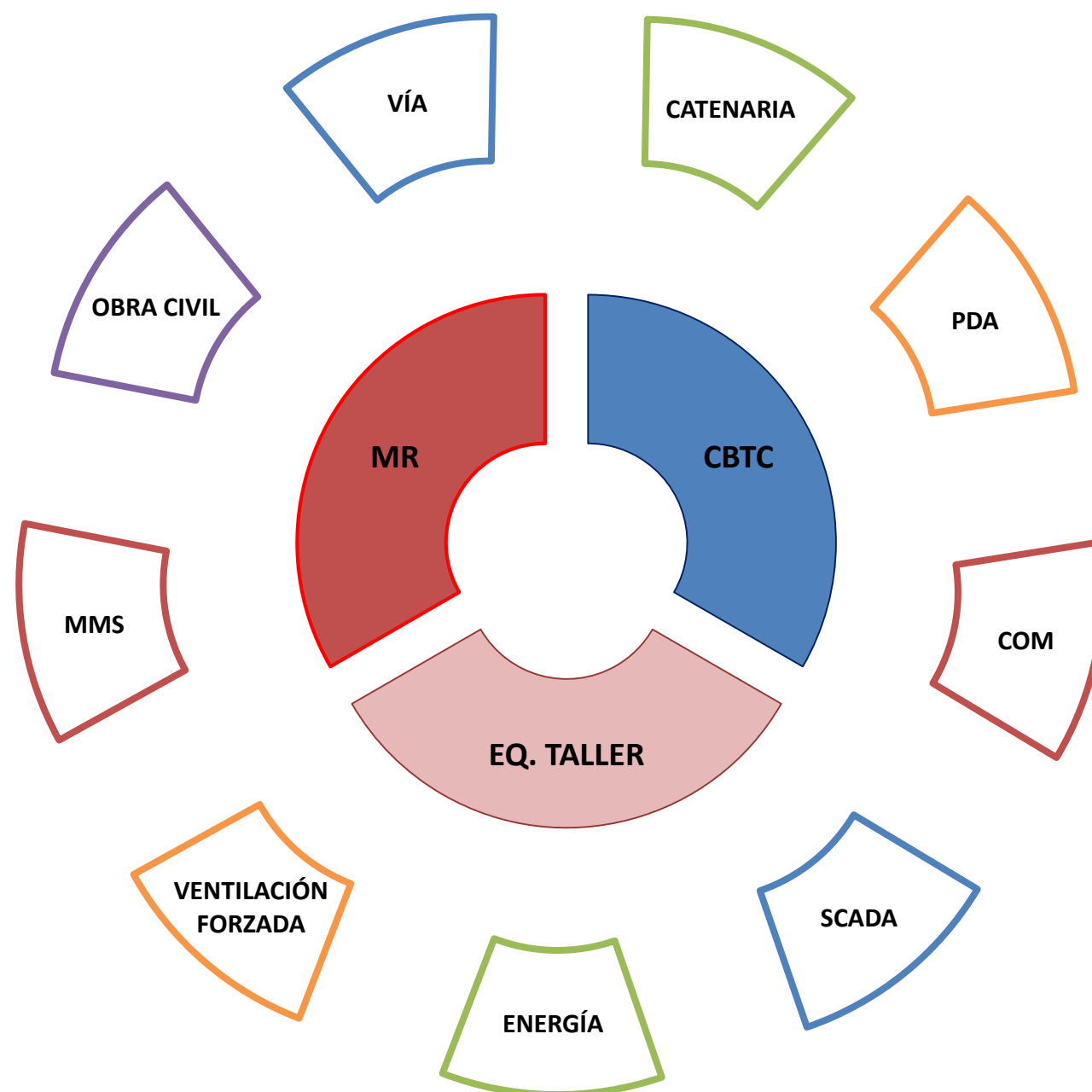
Consorcio CAF-Thales:

Suministro:

- MR
- CBTC
- Equipamiento de Taller

Más de **300 Interfaces** con

- MR
- CBTC
- Equipamiento de Taller
- Obra Civil
- Vía
- Catenaria
- Puertas de Andén
- Comunicaciones
- SCADA
- Energía
- Ventilación Forzada
- MMS



3.- LECCIONES APRENDIDAS

- Material Rodante y CBTC como **contrato único**
 - Establece canales de comunicación más eficientes → Imprescindible para los altos niveles de integración de este proyecto
 - Decisiones en beneficio del proyecto
 - Facilita gestión como consorcio

- Sistema de **Gestión Documental**
 - Centralización de la información y su transmisión
 - Control de status de la documentación de proyecto
 - Resultado → Gestión más eficiente de la información

- Relación **Contratista – Cliente**
 - Crear canales de comunicación eficientes
 - Una buena Gestión del proyecto
 - Entendimiento entre las partes



- Una **buena Integración**:
 - Debe considerarse desde los inicios de la concepción de un proyecto
 - Involucramiento del cliente final (operador) en etapas tempranas del proyecto
 - Contemporaneidad de la contratación de los diferentes sistemas
 - Aplicación y seguimiento de los procesos definidos para la gestión de la integración por parte de todos los agentes en un proyecto (cliente, proveedores, asesores..)
 - Detecta y evita errores en etapas tempranas del proyecto
 - Optimiza soluciones
 - Evita retrabajo (diseño, inst.)
 - Ahorro de tiempo



Evita sobrecostos en fase de proyecto y de mantenimiento

- **Anticipar potenciales problemas en fases avanzadas de proyecto** mediante la realización de pruebas tempranas

+ **RELEVANTE** en la integración de un sistemas UTO

- Importancia de la fase de **Marcha en Blanco**:
 - Estabilidad al sistema ferroviario → permite dar madurez al sistema (fase fallas infantiles)
 - Fundamental involucrar a Mantenimiento, por parte del cliente como del mantenedor → permite capacitar y genera conocimiento de los sistemas previa entrada a operación comercial

4.- CONCLUSIONES

Tendencia en los proyectos de Metros y Subterráneos:

- Mayor grado de automatización de los sistemas → UTO
- Plazos más exigentes



Crece la necesidad de Gestionar los Proyectos de forma más **EFICIENTE**:

- Precisión en el análisis de los riesgos del proyecto
 - Anticipación
 - Monitorización
- Estrecha colaboración Cliente-Proveedor
- Creciente importancia de la Integración en todos los proyectos