

PROYECTO PARA EL DESPLIEGUE DEL ASISTENTE OPERATIVO LAR – FASE 1



CONTROL DOCUMENTAL:

Autor del proyecto:	D. Juan Pablo García / D. Fernando Galindo	
Director del Proyecto:	D. Fernando Morales	
Director Técnico:	D. Dionisio Izquierdo	
Edición	Fecha	N.º Actividad
1.0	Octubre 2025	IO_25-042P

ÍNDICE

1.	OBJETO	6
2.	ALCANCE	6
3.	ANTECEDENTES	7
3.1	SUPERVISIÓN AUTOMÁTICA DE TRENES ATS.....	7
3.2	PLATAFORMA CENTRALIZADA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO (PCIV).....	7
3.3	PUERTAS DE ANDEN.....	8
3.4	PLATAFORMA CENTRALIZADA DE GESTIÓN DE VIDEO (PCGV).....	8
3.5	CONTROL DE ESTACIONES	9
4.	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	9
4.1	CONDICIONES GENERALES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE.....	10
4.2	CONDICIONES EXIGIDAS EN MATERIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS	10
4.3	CONDICIONES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LOS TRABAJOS A DESARROLLAR	11
4.4	NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	11
4.5	NORMAS ESPECÍFICAS DE ESTE PLIEGO	13
4.6	PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	14
4.7	PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD	14
4.8	BIBLIOGRAFÍA	14
4.9	OTRAS REFERENCIAS	14
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	15
6.	REQUISITOS DE DISEÑO	20
7.	ANÁLISIS DE SOLUCIONES	21
7.1	INTRODUCCIÓN	21
7.2	OBJETIVOS	21
7.3	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	21
8.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	22

8.1	ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE.....	23
8.1.1	ARQUITECTURA HARDWARE	23
8.1.2	ARQUITECTURA SOFTWARE.....	23
8.2	CIBERSEGURIDAD.....	23
8.2.1	ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA.....	24
8.2.2	PROPUESTA DE MEDIDAS E IMPLEMENTACIÓN DE LAS MISMAS	25
8.3	CASOS DE USO A DESPLEGAR.....	25
8.3.1	ACTIVIDADES Y ENTREGABLES	29
8.3.2	DETALLE DE LOS PERFILES TÉCNICOS.....	37
8.4	DOCUMENTACIÓN	43
9.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES	44
9.1	CONDICIONES GENERALES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES Y EQUIPOS	44
9.1.1	UNIFICACIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	44
9.1.2	FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS	45
9.1.3	ACOPIO, DISTRIBUCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS	45
9.1.4	INSPECCIONES Y ENSAYOS	45
9.2	RECEPCIÓN	47
9.3	CERTIFICACIÓN FINAL.....	47
9.4	PLAN DE CALIDAD	48
9.5	DOCUMENTACIÓN FINAL.....	48
9.5.1	PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN	49
9.5.2	DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR	49
9.5.3	DOCUMENTOS ESPECIALES.....	51
9.5.4	SOPORTE INFORMÁTICO DE LA DOCUMENTACIÓN	51
10.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	51
10.1	ARQUITECTURA HARDWARE	51
10.1.1	EQUIPAMIENTO DE COMPUTO.....	52
10.1.2	EQUIPAMIENTO DE ALMACENAMIENTO	55

10.1.3EQUIPAMIENTO DE BACKUP	55
10.2 ARQUITECTURA SOFTWARE BASE	56
10.3 ARQUITECTURA PLATAFORMA BUS DE SERVICIOS EMPRESARIALES.....	58
10.4 LICENCIAS DE SOFTWARE	61
10.5 SOPORTE ARQUITECTURA HARDWARE	61
10.5.1EQUIPO DE CUENTA ASIGNADO	61
10.5.2SEGUIMIENTO DEL SERVICIO Y PROACTIVIDAD	62
10.5.3SERVICIOS DE SOPORTE REACTIVO	62
10.5.4NIVELES DE SERVICIO	64
10.6 SFP	65
10.7 FIBRA ÓPTICA	65
10.8 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS DEL CABLEADO DE RED A INSTALAR ..	65
10.9 PRESCRIPCIONES GENERALES PARA EL ETIQUETADO DE TODOS LOS ELEMENTOS	66
10.10 FORMACIÓN	72
11. GARANTÍA.....	73
11.1 OBJETO.....	73
11.2 PLAZO.....	74
11.3 ALCANCE.....	74
11.3.1DERECHOS.....	74
11.3.2OBLIGACIONES	74
11.3.3PROCEDIMIENTO.....	75
11.4 NIVELES DE SERVICIO	75
11.5 EXCLUSIONES A LA GARANTÍA	76
12. OBLIGATORIEDAD SUBSIDIARIA DEL CONTRATISTA ANTE LOS PERJUICIOS OCASIONADOS A TERCEROS	77
13. PLANIFICACIÓN	77
14. RESUMEN DE PRESUPUESTOS	78
15. ANEXO I: CASOS DE USO	80



15.1	CASO DE USO I: CTC LIGERO.....	80
15.2	CASO DE USO II: CLIENTE ATS CUSTOMIZADO	80
15.3	CASO DE USO III: APLICACIONES DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN (CLIENTE LOCAL)	81
15.4	CASO DE USO IV: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN	82
15.5	CASO DE USO V: INTEGRACIÓN CON LLM (IA).....	83
15.6	CASO DE USO VI: INTEGRACIONES PUESTOS OPERADOR (ATS, SACE, SCADA MM, PSD...).....	83
15.7	CASO DE USO VII: USO DE SISTEMAS DE REGULACIÓN EXTERNOS (IVU/GIRO)	83
15.8	CASO DE USO VIII: CLIENTE INTELIGENTE DE REGULACIÓN	84
15.9	CASO DE USO IX: CUADROS DE MANDO.....	85
15.10	CASO DE USO X: INTEGRACIÓN SAP Y SERVICIOS OFIMÁTICOS	85
15.11	CASO DE USO XI: ESPACIO DE DATOS (DRTM, GMAPS, ETC.).....	85



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definiciones y abreviaturas	20
Tabla 2 Niveles de servicio	65
Tabla 3: Grados de criticidad según tipo de incidencia.....	76
Tabla 4: Tiempos de reparación exigidos en función de la criticidad de las incidencias	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Workflow de las fases de servicio	30
Figura 2: Diagrama conceptual de HPE 12000 Frame en cascada	52
Figura 3 Integración de API en Mulesoft.....	59
Figura 4 Tabla cálculo aproximado de tramas vs core	60
Figura 5 Imagen SFP fibra óptica.....	65
Figura 6 Ejemplo etiquetado 1	67
Figura 7 Ejemplo etiquetado 2	69
Figura 8 Ejemplo etiquetado 3	70
Figura 9 Ejemplo etiquetado 4	70

1. OBJETO

El objetivo del presente Pliego de Prescripciones Técnicas (en adelante, PPT) es la definición y valoración de todas y cada una de las actuaciones y trabajos necesarios para el diseño, desarrollo y puesta en servicio de la primera fase de un Asistente Operativo para Líneas de Alta Regularidad (en adelante, LAR) basado en un bus de servicios empresariales (en adelante, ESB) en las instalaciones de Metro de Madrid (en adelante, METRO).

2. ALCANCE

El presente documento tiene como alcance global todos los trabajos necesarios para la puesta en servicio de la primera fase de un Asistente Operativo para los controladores LAR, ubicados en el Puesto de Control Central (en adelante, PCC) u otros centros de control, instalando las plataformas tecnológicas necesarias e implementando los casos de usos operacionales con la información en tiempo real generados por las diferentes plataformas centralizadas de sistemas de explotación y ferroviarios, la información del Nuevo Material Móvil de Galibo Ancho (en adelante, NMM-GA), y de los sistemas corporativos o servicios externos que sean necesarios.

El alcance de los trabajos a ejecutar por parte de la empresa contratista será el siguiente:

- Análisis de las integraciones necesarias con otros sistemas y servicios.
- Ingeniería, diseño y desarrollo de todas las soluciones e integraciones requeridas en el presente documento.
- Pruebas de capacidad de las soluciones.
- Despliegue de todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la nueva plataforma (sistemas operativos, bases de datos, equipamiento hardware, desarrollos, etc.). Estos elementos se describirán con detalle a lo largo del presente documento.
- Suministro, acopio, transporte, instalación, configuración, parametrización, puesta en marcha de todos los elementos hardware establecidos en este documento.
- Retirada y entrega a METRO o en un punto autorizado de recogida de residuos de todos los elementos desmontados que no puedan ser reutilizados
- Suministro e instalación de todas las licencias necesarias para el correcto funcionamiento de todos los componentes de la plataforma y el registro de las mismas a nombre de METRO, ante los fabricantes de estas.
- Desarrollo, pruebas y puesta en servicio de los casos de uso.
- Plan de formación especificado en este pliego.

- Control y seguimiento de los trabajos.
- Elaboración de la documentación final asociada a cada una de las integraciones, y casos de uso incluyéndose el código fuente de todas las integraciones y/o desarrollos a medida que se realicen dentro del alcance del presente documento.

3. ANTECEDENTES

METRO está inmerso en los trabajos para transformar la Línea 6 en la primera LAR. La línea 6 es la más utilizada de toda la red de explotación con más de 116 millones de usuarios en 2024 y una media de 400.000 diarios.

Para una correcta operación desde los diferentes centros de control, se hace necesaria la integración de varios sistemas, entre los que destacan los siguientes:

3.1 SUPERVISIÓN AUTOMÁTICA DE TRENES ATS

La supervisión automática de trenes (ATS) proporciona una interfaz para que los controladores LAR supervisen y controlen el tráfico de trenes. El ATS también contiene las funciones de regulación automática del tráfico para mantener los trenes operando de acuerdo con el horario o con un intervalo definido. El ATS muestra continuamente en los centros de control el estado y la condición del sistema de señalización y el tráfico.

En modos degradados, que requieren operación manual, el operador puede controlar manualmente las rutas, cambios de vía y otros equipos de señalización dentro de su zona. El controlador LAR del ATS tendrá control manual para emitir comandos que anulen los comandos automáticos y realizar ajustes sobre la operación del tren, cuando esté autorizado.

3.2 PLATAFORMA CENTRALIZADA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO (PCIV)

El Sistema de Información al Viajero permite mantener informado al cliente de METRO a través de la presentación de información en los distintos paneles teleindicadores, distribuidos por las diferentes zonas de las estaciones. Este sistema proporciona información a los viajeros en zonas tales como los andenes y los vestíbulos.

Los diferentes mensajes que son representados en los paneles teleindicadores, dependerán de la ubicación en la que se encuentre dicho panel, de esta manera, los teleindicadores ubicados en los andenes, en general, mostrarán mensajes de interés general, mensajes de incidencias del servicio y mensajes relativos al movimiento de los trenes (previsiones), mientras que los paneles teleindicadores situados en los vestíbulos, nunca mostrarán mensajes de previsiones, si del resto.

La actualización de la información en toda la red de explotación de METRO se realiza en tiempo real, y estas informaciones cambiarán en un tiempo previamente determinado.

La Plataforma Centralizada de Información al Viajero (en adelante, PCIV), es una plataforma de nueva tecnología basada en tecnologías y protocolos de comunicación comerciales, abiertos y conocidos. La plataforma presenta una topología totalmente centralizada, ubicados en los CPD, desde donde se puede gobernar todos los elementos de información al viajero desplegados por la red de explotación de METRO.

Al disponer de una PCIV abierta se puede acometer integraciones con la misma, mediante APIs de interconexión y protocolos comerciales y abiertos.

3.3 PUERTAS DE ANDEN

Las puertas de andén (en adelante, PSD) son sistemas de puertas automáticas ubicadas en los bordes de los andenes de estaciones, que se sincronizan con las puertas del tren, con sistemas de señalización avanzados, para permitir el acceso seguro del viajero. Estas puertas mejoran la seguridad, optimizan el uso del andén, contribuyen a la eficiencia energética de la estación, optimizan la regularidad de la explotación y mejoran el confort de los viajeros.

En el caso de METRO, las PSD estarán integradas con el sistema SCADA Avanzado de Control de Estaciones (en adelante, SACE), siendo este el evolutivo tecnológico del Telemando de Control de Estaciones actual de METRO (en adelante, TCE) que seguirá siendo usado por el personal autorizado para el resto de los elementos de explotación de las estaciones de línea 6.

3.4 PLATAFORMA CENTRALIZADA DE GESTIÓN DE VIDEO (PCGV)

METRO cuenta con un extenso conjunto de cámaras (más de 9000) para la ayuda a la explotación, con aproximadamente 5.000 ubicadas en sus 302 estaciones. Estas cámaras están integradas en el PCC (principal y replica) en el Sistema Centralizado de Video (SCV), propietario y obsoleto, que permiten a los operadores autorizados la visualización en tiempo real y en modo diferido.

En la actualidad, el sistema CCTV está siendo migrado a la Plataforma Centralizada de Gestión de Video (en adelante, PCGV), basado en la plataforma Security Center de Genetec, como parte de su estrategia de evolución de sistemas propietarios cerrados a sistemas abiertos e interoperables.

El nuevo sistema permitirá la gestión y visualización de las cámaras tanto de las instalaciones fijas, como del material móvil, y cumplirá con la normativa de seguridad.

3.5 CONTROL DE ESTACIONES

SACE es un sistema centralizado avanzado de ayuda a la Operación, basado en un SCADA comercial y homologado por METRO, para el control, supervisión, monitorización de los sistemas de explotación que se encuentran en las estaciones para prestar un servicio eficiente a los clientes. Además, permitirá optimizar los procesos de los agentes autorizados de METRO para configurar la estación en diferentes escenarios y situaciones operativas, permitirá mejorar la digitalización de procesos e intercambio de información entre agentes y centros de control. Este sistema mejorará la seguridad de los sistemas industriales y electromecánicos, y se integrará con la plataforma tecnológica avanzada del Centro de Operaciones de Mantenimiento, Monitorización de Instalaciones y Telecomunicaciones (en adelante, COMMIT).

SACE se caracteriza por monitorizar y, en determinados casos, controlar los siguientes equipos:

- Equipos electromecánicos: formado por alumbrado de túnel, ascensores, caja de dotación, cancelas, escaleras mecánicas, pozos de bombeo y pozos de ventilación.
- Equipos gobernados por PSIM: cámaras, control de accesos, etc.
- Equipos gobernados por el PCIV: paneles digitales, interfonía, megafonía, megafonía de emergencia y plataforma de gestión de contenidos multimedia.
- Equipos gobernados por el SCADA de Venta y Peaje: máquinas billeteiras, pasos de pantalla móvil, torniquetes, pasos de movilidad reducida, portón.
- Equipos gobernados por el sistema de PCI: detección de incendio, extinción de incendio, salidas de emergencia y sondas.

4. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

En general, serán de aplicación las prescripciones que figuran en las normas, instrucciones o reglamentos oficiales que guardan relación con los trabajos del presente PPT, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas y que se encuentran en vigor en el momento de redactar el presente documento.

Se considerarán todas las modificaciones y ampliaciones de las citadas normas.

En caso de discrepancias entre las normas y salvo manifestación expresa en contra, se entenderá válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones legales se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

De la misma forma, se deberán considerar siempre las últimas versiones o actualizaciones de todos los documentos referenciados a lo largo del presente PPT.

4.1 CONDICIONES GENERALES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

Con el fin de minimizar el impacto medioambiental, no sólo se tendrá en cuenta la explotación y mantenimiento de los equipos, sino también su diseño, fabricación, selección y manipulaciones de materiales. Se considerará la afección al medio ambiente desde el origen del Proyecto, y toda solución técnica o estética será precedida de un riguroso análisis para la integración de los siguientes aspectos:

- Siempre que sea viable, se presentará la alternativa de diseño que genere menos emisiones, ruidos, vibraciones y/o radiaciones electromagnéticas; así como el menor consumo de agua y energético posible.
- Se proyectarán las instalaciones y metodologías necesarias para la correcta gestión de los residuos que se vayan a generar.
- Se proyectarán e implantarán las medidas oportunas para evitar cualquier vertido de sustancias peligrosas.
- Se tendrá en cuenta que el horario de trabajo minimice las molestias que se pudieran ocasionar por ruido emitido al exterior.
- Se tendrá en cuenta el impacto visual negativo que pudiera tener la instalación, tomando las medidas necesarias para minimizarlo.

En caso de que se vayan a instalar o diseñar equipos se valorará que:

- La fuente de energía sea renovable.
- La fuente de energía sea gas natural, hidrógeno o electricidad.
- El equipo no genere emisiones de gases contaminantes por combustión.
- El equipo no genere radiaciones electromagnéticas significativas.
- El equipo no genere ruidos ni vibraciones significativas.
- Se minimice el consumo de agua del equipo una vez inicie su actividad.

4.2 CONDICIONES EXIGIDAS EN MATERIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados serán gestionados por el contratista, de acuerdo con la legislación vigente y debe evidenciarlo entregando a METRO cualquier documentación que le sea requerida (autorizaciones, albaranes de entrega a gestor autorizado, documentos de control y seguimiento, etc.).

El contratista está obligado a restituir a su estado original, sin que proceda abono por dicho concepto, todas las áreas utilizadas como acopios. Si por necesidades de obra parte del material existente en un acopio fuera considerado excedente, el contratista se hará cargo del mismo, según lo prescriba el Responsable del Contrato de METRO.

4.3 CONDICIONES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LOS TRABAJOS A DESARROLLAR

Los trabajos desarrollados dentro de este PPT deberán cumplir con carácter general los requisitos legales en materia de prevención de riesgos laborales dispuestos en la Ley 31/1995 de Prevención de RRLL y con carácter específico lo establecido por METRO en su Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales dentro de su Proceso referente a “Coordinación de Actividades Empresariales”.

Todas las prescripciones y especificaciones técnicas que se formulen en el presente pliego por referencia a cualesquiera de las tipologías normativas recogidas por el artículo 60.3 b) de la Directiva 2014/25/UE, de 26 de febrero, sobre Contratación Pública, habrán de entenderse hechas también a sus equivalentes, correspondiendo al licitador acreditar dicha equivalencia en la forma establecida en el artículo 60.5 de la mencionada Directiva.

4.4 NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos e instalaciones que se proyecten básicamente consistirán en lo siguiente:

- Trabajos de replanteo, acopio y transporte en general.
- Suministro de todos y cada uno de los materiales y equipos de la instalación.
- Auditoría y Diseño de las soluciones
- Instalación e integración del equipamiento.
- Pruebas y puesta en servicio de todos los sistemas.
- Documentación completa de la Instalación y equipos.
- Garantía.

4.4.1.1 Normas generales para la realización de los trabajos

Los trabajos objeto del presente contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones jurídicas vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de normas, reglamentaciones, ordenanzas, instrucciones o cualquier otro rango, y tanto tengan carácter o ámbito europeo, nacional, autonómico o local.

El Contratista se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes en METRO, como son las normas para corte y reposición de alta tensión, comunicaciones con trenes y vehículos, etc., las cuales deberán hacer conocer al personal involucrado en la obra antes del inicio de la misma.

En caso de que el Contratista incurra en el incumplimiento de estas normas, el Responsable del Contrato podrá paralizar la obra hasta que el Contratista asegure y demuestre el cumplimiento de las mismas.

En el supuesto de que los ofertantes aspirantes a ser contratistas requieran conocer dichas normas, podrán solicitarlas a METRO durante el periodo de elaboración de la oferta.

En cualquier caso, las normas que sean requeridas para la ejecución de la obra serán proporcionadas a la empresa contratista tras la firma del contrato.

4.4.1.2 Normas de METRO para la realización de los trabajos

El Contratista se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes en METRO, las cuales deberán hacer conocer a su personal responsable de la obra.

Estas normas, que se recogerán oportunamente, son las siguientes:

- Normas maniobras de corte y reposición Instalaciones Eléctricas.
- Normas para la seguridad de los agentes en relación con la circulación.
- Procedimiento de homologación de conductores de empresas externas.
- Normas maniobras de corte y reposición Alta Tensión.
- Evaluación general de riesgos de lugares de trabajo.
- Manual de estilo para las comunicaciones establecidas con trenes y vehículos.

4.4.1.3 Horarios y limitaciones en los trabajos de instalación

Los trabajos en una zona sin servicio no se verán afectados por limitación de horario, sin embargo, en los trabajos a efectuar en los tramos en explotación, el Contratista tendrá que realizar necesariamente los trabajos teniendo en cuenta lo siguiente:

Trabajos en túnel:

Normalmente se autoriza el posible paso al túnel alrededor de las 2:30 h. de la madrugada, y una hora antes de abrir servicio debe retirarse todo el personal que pueda estar trabajando en el túnel, permitiendo así el movimiento inicial de las unidades de tren para situarse en su punto

de partida y poder comenzar el servicio sin demora alguna. A todos los efectos se considerará un tiempo diario disponible de 2 horas y 30 minutos.

Trabajos en estación:

Los trabajos de instalación dentro de las estaciones pueden preverse que se realicen desde las 2 h. de la madrugada hasta las 6 h. de la mañana, con un período disponible de 4 h.

Los trabajos dentro de los cuartos o en zonas que no interfieran al público podrán realizarse en jornada normal de 8 horas incluso en horario diurno, siempre que no afecten a los servicios que se encuentran en explotación.

La apertura de taquillas se efectúa actualmente desde las 6:00 h. de la mañana hasta la 1:30 h. de la madrugada, comprendiendo la circulación de trenes un período lógicamente mayor.

Trabajos en CPD:

Los trabajos dentro de los CPDs, siempre que no afecten a los servicios de explotación, podrán realizarse en jornadas normales de 8 horas, incluso en horario diurno.

En caso de que dichos trabajos puedan afectar a algún servicio, deberá preverse que el horario estará limitado desde las 2 h hasta las 5:30 h de la mañana, excepto en caso en que el servicio afectado sea el de circulación de trenes, en cuyo caso el horario estará limitado a 2,5 horas (de 2:30 a 5:00 h).

Solicitud de trabajos:

Todos los trabajos que afecten a algún servicio de explotación deberán ser programados y autorizados explícitamente por Metro.

El Contratista solicitará por escrito la programación de los trabajos al Responsable del Contrato, debiendo ser programados con el tiempo de antelación que el Responsable de Contrato indique.

Por razones del Servicio de Mantenimiento, y otras causas, se podrán suspender trabajos programados, o bien acortar los períodos disponibles, no admitiéndose reclamación alguna por parte del Contratista.

4.5 NORMAS ESPECÍFICAS DE ESTE PLIEGO

Las Normas y disposiciones legales que, de manera específica, y complementando a las de ámbito más general que aplican en este PPT, son las siguientes:

- Ley Orgánica 7/2021 de protección de datos
- **UNE-EN 55022:2011 o equivalente** (Equipos de tecnologías de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida). El

objeto de esta norma es establecer requisitos uniformes para el nivel de perturbación radioeléctrica de los equipos contemplados en el campo de la aplicación, fijar los límites de la perturbación, describir los métodos de medida y normalizar las condiciones de funcionamiento y la interpretación de los resultados.

- **EN 61000-6-1:2007 o equivalente** (Compatibilidad electromagnética (CEM)). Parte 6-1: Normas genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. (IEC 61000-6-1:2005).
- **UNE-EN 60950 o equivalente** Equipos de tecnología de la información. Seguridad.
- **EN 301 489-1 o equivalente:** Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y Espectro de Radiofrecuencia (ERM). Norma de Compatibilidad Electromagnética (EMC) para equipos y servicios de radiocomunicaciones. Parte 1: Requisitos técnicos comunes. (Ratificada por AENOR en diciembre de 2012).
- **EN 301 489-3 o equivalente:** Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y Espectro Radioeléctrico (ERM). Norma de Compatibilidad Electromagnética (CEM) para los equipos y servicios radioeléctricos. Parte 3: Condiciones específicas para los dispositivos de corto alcance (SRD) que funcionan en las frecuencias comprendidas entre 9 kHz y 40 GHz. (Ratificada por AENOR en mayo de 2005).

4.6 PROGRAMAS DE CÁLCULO

Para la realización del presente PPT no se han utilizado programas de cálculo.

4.7 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD

El Área de Ingeniería de Instalaciones dispone de un sistema de gestión de la calidad aplicado a sus actividades conforme a la norma UNE-EN ISO 9001, tal y como se recoge en el Certificado N.º ER-0928/2010, emitido por la entidad certificadora AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).

De forma adicional, la redacción de este PPT ha sido realizada teniendo en cuenta la norma UNE EN 157001 "Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico".

4.8 BIBLIOGRAFÍA

Sin referencias a destacar.

4.9 OTRAS REFERENCIAS

Sin referencias a destacar.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A continuación, se desarrolla un glosario de términos que aparece a lo largo de este PPT con el objetivo de ayudar a comprender al lector terminologías utilizadas en el presente documento.

Acrónimo/nombre	Descripción	Definición
ActiveMQ	<i>ActiveMQ</i>	Sistema de mensajería de código abierto que implementa el patrón Message Broker, facilitando la comunicación entre aplicaciones distribuidas mediante el intercambio de mensajes de forma asíncrona. Compatible con el estándar Java Message Service (JMS), ActiveMQ permite desacoplar productores y consumidores de mensajes, lo que mejora la escalabilidad, resiliencia y flexibilidad de los sistemas.
API	<i>Application Programming Interface</i>	Interfaz de programación de aplicaciones que permite el acceso externo a las funcionalidades ofrecidas por el sistema).
BBDD / BD	Base de datos	Almacenamiento de los datos propios de las aplicaciones.
CPD	Centro de Procesamiento de Datos	Centro donde se concentran los recursos y servidores centrales de los distintos sistemas necesarios para el procesamiento de la información de una organización.
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	Unidad Central de procesamiento.
CTC	Control de Tráfico Centralizado	Permite la regulación del tráfico de los trenes desde un punto único y mediante sistemas informáticos, lo que permite establecer la ruta de los diferentes trenes con las mayores garantías de seguridad y fiabilidad.
cURL	cURL	Herramienta de línea de comandos utilizada para transferir datos a través de una amplia variedad de protocolos, como HTTP, HTTPS, FTP y muchos más. Es especialmente popular entre desarrolladores y administradores de sistemas para realizar pruebas rápidas de APIs, descargar archivos o automatizar tareas de red. Su sintaxis sencilla y su gran flexibilidad permiten enviar solicitudes personalizadas, gestionar cabeceras, autenticaciones y analizar respuestas, convirtiéndolo en una herramienta esencial para el trabajo con servicios web y automatización de procesos.
EAI	<i>Enterprise Application Integration</i>	Referido a la utilización de tecnologías de la información para integrar aplicaciones corporativas heterogéneas.
EN	<i>Standards of the European Committee for Standardization</i>	Estándares europeos.

ESB	<i>Enterprise Service Bus</i>	Modelo de arquitectura software utilizado para diseñar e implementar interfaces entre aplicaciones software, en el contexto de una arquitectura SOA.
Fiddler	<i>Fiddler</i>	Herramienta de depuración de tráfico web que actúa como un proxy entre el navegador o aplicación y el servidor, permitiendo capturar, inspeccionar y modificar solicitudes y respuestas HTTP/HTTPS. Es especialmente útil para desarrolladores y testers que necesitan analizar el comportamiento de las aplicaciones web, detectar errores, verificar encabezados, cookies, y simular distintos escenarios de red. Su interfaz intuitiva y sus capacidades avanzadas de scripting lo convierten en una solución potente para el análisis y optimización de servicios web.
Full IP	<i>Full Internet Protocol</i>	Completamente con protocolo no orientado a conexión.
Grafana	<i>Grafana</i>	Aplicación de código abierto especializada en la visualización y el análisis de datos de series temporales provenientes de diversas fuentes, como bases de datos, sistemas de monitoreo y plataformas de métricas. Permite crear paneles interactivos y gráficos personalizados para supervisar el estado y el rendimiento de infraestructuras, aplicaciones y servicios en tiempo real. Su flexibilidad, integración con múltiples fuentes de datos y capacidades de alerta la convierten en una herramienta fundamental para la observabilidad y la toma de decisiones basada en datos.
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>	Protocolo de Transferencia de Hipertexto. Protocolo usado en los accesos Web para la transmisión de la información y validación de usuarios.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>	Comisión Electrotécnica Internacional.
Insomnia	<i>Insomnia</i>	Aplicación diseñada para facilitar el desarrollo, prueba y depuración de APIs, especialmente REST y GraphQL. Ofrece una interfaz intuitiva para crear, organizar y enviar solicitudes HTTP, gestionar entornos y variables, y visualizar respuestas de manera clara. Además, Insomnia permite automatizar pruebas, colaborar en equipos y gestionar colecciones de peticiones, lo que la convierte en una herramienta versátil y eficiente para desarrolladores que trabajan con servicios web y microservicios.

Istio	<i>Istio</i>	Plataforma de malla de servicios (service mesh) de código abierto que facilita la gestión, seguridad y observabilidad de la comunicación entre microservicios en arquitecturas distribuidas. Actúa como una capa de infraestructura que se integra sin modificar el código de las aplicaciones, proporcionando funcionalidades como balanceo de carga, autenticación, autorización, encriptación de tráfico, monitoreo y control de tráfico. Gracias a su arquitectura basada en proxies (como Envoy), Istio permite implementar políticas complejas y recopilar métricas detalladas, mejorando la resiliencia y el control de los sistemas modernos.
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>	Organización Internacional de Normalización.
IT	<i>Information Technology</i>	Tecnologías de Información y comunicación. Engloba todo dispositivo informático con sistemas operativos, así como los dispositivos de red IP.
Mocks	<i>Mocks</i>	Los mocks para pruebas son objetos o simulaciones que imitan el comportamiento de componentes reales de un sistema, como servicios, bases de datos o APIs, con el objetivo de aislar y controlar el entorno durante las pruebas de software. Al utilizar mocks, los desarrolladores pueden simular respuestas específicas, errores o condiciones particulares sin depender de los sistemas reales, lo que facilita la detección de errores, la automatización de pruebas y la validación de la lógica interna de una aplicación de manera rápida y predecible.
Mulesoft	<i>Mulesoft</i>	Plataforma de integración que permite conectar aplicaciones, datos y dispositivos tanto en entornos locales como en la nube. Utiliza su motor principal, Anypoint Platform, para facilitar la creación de APIs, la gestión de integraciones y la automatización de procesos empresariales.
MV	Máquina Virtual	Máquina Virtual.
PCGV	Plataforma Centralizada de Gestión de Vídeo	Plataforma Centralizada de Gestión de Vídeo
Postman	Postman	Aplicación utilizada para el desarrollo, prueba y documentación de APIs. Permite a los desarrolladores enviar solicitudes HTTP, analizar respuestas, automatizar pruebas y organizar colecciones de peticiones de manera sencilla e intuitiva. Gracias a su interfaz gráfica y funcionalidades colaborativas, Postman agiliza el ciclo de vida de las APIs, facilitando la integración y el trabajo en equipo tanto en entornos locales como en la nube.

Prometheus	Prometheus	Aplicación de monitoreo y recopilación de métricas de código abierto, diseñada principalmente para sistemas distribuidos y arquitecturas de microservicios. Permite recolectar, almacenar y consultar métricas en tiempo real mediante un modelo de datos basado en series temporales, facilitando la detección de incidencias y el análisis de rendimiento. Su integración con alertas y su lenguaje de consultas propio (PromQL) lo convierten en una herramienta muy potente y flexible para la observabilidad de infraestructuras modernas.
PSIM	<i>Physical Security Information Management</i>	Gestión de la información de seguridad física. Plataforma Centralizada que gestiona los sistemas de seguridad (Cámaras, Control de Accesos, Gestión de Rondas y Anti-intrusión), así como la creación de protocolos de respuesta antes las distintas incidencias.
RAM	<i>Random Access Memory</i>	Memoria de acceso aleatorio.
RIM	Red IP Multiservicio	Red de comunicación IP de METRO
RS232	<i>Recommended Standard 232</i>	Estándar recomendado 232.
SACE	SCADA Avanzado de Control de Estaciones	Plataforma que unifica el control y la monitorización de los sistemas de explotación de la estación.
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>	Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Permite monitorizar y supervisar equipamiento y procesos industriales a distancia.
SCI	Sistema centralizado de Interfonía	Conjunto de centrales telefónicas que sirven para el enrutamiento de las llamadas provenientes de los interfonos
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>	Protocolo simple de administración de la red. Conjunto de protocolos para la gestión de red y monitorización de periféricos conectados a una red TCP/IP.
SO	Sistema Operativo	Sistema Operativo.
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>	Sistemas orientados a servicios.
TCE	Terminal de Control de Estaciones	Unifica en un único monitor y teclado el control y la monitorización de las instalaciones electromecánicas y los sistemas de comunicación (TVCC, Megafonía, Interfonía, Carteles teleindicadores) de la estación.
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>	Protocolo de transporte fiable, ordenado y libre de errores entre aplicaciones que se ejecutan sobre redes de comunicación IP.
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>	Protocolo de Datagrama de Usuario, no orientado a la conexión de TCP/IP.
VMS	Sistema de gestión de vídeo (Video Management system)	Herramienta de gestión de vídeo
WAN	<i>Wide Area Network</i>	Red de área amplia.
ARCO	Aplicación de Relevo de Conductores.	
ATC	Automatic Train Conduction (Conducción Automática de Trenes)	

ATO	Automatic Train Control (Control Automático de Trenes)	
ATP	Automatic Train Protection (Protección Automática de Trenes).	
ATR	Automatic Train Regulation (Regulación Automática de Trenes)	
ATS	Automatic Train Supervision (Supervisión Automática de Trenes).	
CBTC	Communication Based Train Control (Control de Trenes Basado en Comunicaciones)	
CCAA	Control de Accesos.	
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión	
CRC/PCC	Centro de Regulación y Control / Puesto de Control Central	
CTC	Control de Tráfico Centralizado.	
GDL	Gestión de Líneas.	
ICF	Interfaz Comunicaciones FEDETEC (SIA).	
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport (Transporte de Telemetría de Mensajes en Colas)	
NAS	Network Attached Storage	
NTP	Protocolo de Tiempo de Red (reloj patrón).	
OCC/BCC	Operational Control Centre / Backup Control Centre	
PCIV	Plataforma Centralizada de Información al Viajero.	
PK	Punto Kilométrico.	
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)	
PSD	Platform Screen Doors (Puertas de Andén)	
RATO	Region ATO (Automatic Train Operation)	
RATP	Region ATP (Automatic Train Protection)	
SAGIR	Sistema Automático de Información de Generación de Rutas.	
SAIC	Sistema de Ayuda a la Identificación de Composiciones.	

SHERPA	SCADA/Telemando Energia (nombre propietario de CAF Signalling)	
SIA	Sistema de Integración de Audio.	
SIV	Sistema de Información al Viajero.	
TAG	Etiqueta (dispositivo de identificación por radio frecuencia)	
TCMS	Sistema de Gestión de Control de Trenes.	
TTBA	Tren Tierra Banda Ancha	
VATC	Vehicle ATC (ATC de vehículo)	
VATO	Vehicle ATO (ATO de vehículo)	
VATP	Vehicle ATP (ATP de vehículo)	
VW	Video Wall	
BCC	Backup Control Centre (CCS/CCR: Centro de Control Secundario/Replica)	
CCC	Central Control Centre (PCC: Puesto de Control Central)	
CRC	Centro de Regulación y Control	
	Centro Remoto de Control (RCC: Remote Control Center)	
ECC	Emergency Control Centre (CCE: Centro de Control de Emergencias)	
OCC	Operations Control Centre (CCO: Centro de Control de Operaciones)	
PCC	Puesto de Control Center (CCP: Centro de Control Principal)	
RCC	Recovery Control Centre (CCR: Centro de Control de Respaldo)	

Tabla 1 Definiciones y abreviaturas

6. REQUISITOS DE DISEÑO

A la hora de abordar la ejecución de los trabajos recogidos en el presente PPT, se han de tener en cuenta los siguientes requisitos de diseño, que condicionarán las soluciones a adoptar:

- Pronta resolución a los problemas existentes.
- Implantación de una solución óptima.
- Máximo aprovechamiento de los sistemas existentes y componentes asociados.
- Optimización de costes.

- Minimizar futuras incidencias.

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

7.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se recogen los conceptos clave principales para tener en cuenta para implementar una solución óptima en el diseño del ESB, basándose en plataformas comerciales que podrían desempeñar este rol en las instalaciones de METRO.

7.2 OBJETIVOS

El principal objetivo del presente proyecto es el desarrollo de un asistente operativo para los controladores LAR según los casos de uso del Modelo Prestacional Operativos (MPO) de METRO mínimos necesarios para explotar eficientemente una línea automática (GoA4). Se basará tecnológicamente en la implementación de una nueva plataforma ESB que permitirá integrar la información en tiempo real generada por las diferentes plataformas centralizadas de sistemas de explotación y ferroviarios, la información de los trenes, y de los sistemas corporativos implicados en la explotación de la línea 6 de METRO para construir los casos de uso necesarios.

La arquitectura del sistema deberá servir a las necesidades operativas y funcionales identificadas por METRO.

7.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Desde el Área de Ingeniería de Instalaciones de METRO se ha realizado un estudio y comparativa entre los fabricantes de integración de API más destacados del mercado, obteniendo mediante la misma un resultado de la manera objetiva.

Dentro de esta comparativa se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Análisis de las herramientas de integración de mercado.
- Preselección de soluciones de herramientas de integración, teniendo en cuenta las recomendaciones de Gartner y Forrester.
- Análisis y valoración realizadas por los diferentes estudios indicados (Gartner y Forrester) de las herramientas preseleccionadas.
- Análisis y valoración detallada, de cada una de las herramientas de integración preseleccionadas bajo los requerimientos de METRO para dar cabida a los propósitos del presente pliego, siendo estos requerimientos:
 - Encontrarse dentro de los *Top Ten* de 10 Soluciones de Herramientas de Integración, teniendo en cuenta las recomendaciones de Gartner y Forrester.

- Las herramientas debían poder integrarse con Confluent Kafka, MQTT y/o ActiveMQ para la integración asíncrona.
- Era imprescindible que la herramienta pudiera integrarse con los sistemas del entorno ferroviario instalados en L6.
- Era imprescindible que las herramientas mantengan un nivel de seguridad SL3.
- La herramienta debería utilizar dos o tres protocolos de seguridad diferentes.
- La herramienta debería certificar que cumple con los requisitos del Esquema Nacional de Seguridad (ENS) en un nivel medio de seguridad.
- Se considero de valor adicional que la herramienta dispusiera de herramientas de soluciones de gestión de accesos e identidades IAM.
- Se requería una solución On-Premise en su core y runtime.
- Se requería una herramienta con un ciclo de producción sólido, que garantizase fiabilidad y durabilidad a lo largo del tiempo, evitando así la situación en la que, tras unos pocos años, el soporte dejara de estar disponible.

Tras este estudio y análisis de soluciones se concluyó:

- La herramienta seleccionada en base a todos los requisitos previos es **MuleSoft**.
- Es el único producto con certificación de cumplimiento del **Esquema Nacional de Seguridad** en un **nivel Alto**.
- Destaca por su madurez de la plataforma y el soporte ofrecido por el fabricante
- Producto mejor preparado para el **cumplimiento IEC 62443 en nivel SL3** de seguridad.
- Integración con fabricantes y herramientas de gestión ferroviaria como son Alstom o Siemens.
- Es la opción más robusta en términos de conectores disponibles y facilidad de uso en entornos *low code*, para desarrollos que requieren rapidez y escalabilidad como es el caso de este proyecto.

8. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

La empresa Contratista realizará los trabajos descritos en este documento. Este proyecto se considera llave en mano, esto implica que, si fuera necesario acometer algún suministro o realizar algún trabajo que no esté contemplado en este documento y fuera necesario para cumplir con los requisitos establecidos en el mismo, estos suministros y/o trabajos se considerarán incluidos en los requisitos del proyecto.

8.1 ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE

8.1.1 Arquitectura hardware

La implantación de la arquitectura hardware que aplica al presente pliego (asistente operativo LAR Fase 1), se realizará en dos CPDs de METRO.

Con el fin de optimizar los recursos necesarios en los CPDs de METRO, se realizará una arquitectura cuya base sea una ampliación de recursos hardware de tipología ya disponibles en la explotación de METRO, lo que garantizará su correcta puesta en producción y optimización de los tiempos de despliegue.

La arquitectura hardware debe cumplir con todas las prescripciones del apartado 10.

8.1.2 Arquitectura software

La empresa Contratista deberá suministrar y poner en servicio una arquitectura de contenedores diseñada para facilitar la gestión centralizada de múltiples clústeres, ya sea en entornos on-premises, en la nube o en el edge. Debe ser una plataforma de gestión de nivel empresarial, proporcionando herramientas para la operación, seguridad y administración de contenedores a gran escala.

Sobre esta arquitectura de contenedores, la empresa Contratista deberá suministrar y poner en servicio una plataforma ESB que incorporará los conectores necesarios provenientes de los aplicativos señalización ferroviaria, video, información al viajero, puertas de andén, control de estaciones, trenes y sistemas corporativos para desarrollar los casos de uso para el asistente operativo LAR y otros necesarios.

La arquitectura software debe cumplir con todas las prescripciones del apartado 10.

8.2 CIBERSEGURIDAD

Se entiende por Ciberseguridad al conjunto de tecnologías, procesos, procedimientos y servicios encaminados a proteger la disponibilidad, integridad, confidencialidad de los activos (físicos, lógicos, o de servicios) de una persona, empresa u organismo, los cuales dependen en alguna medida de un soporte tecnológico.

Con el fin de abordar esta problemática y dentro del alcance de este pliego, se deben realizar los siguientes trabajos en base a las normativas internacionales de buenas prácticas de seguridad, especialmente a las normas ISO, e IEC-62443 o equivalente.

8.2.1 Análisis de la arquitectura propuesta

Se realizará un análisis extremo a extremo de la arquitectura propuesta que justifique la robustez de la solución.

En el análisis se tendrán en cuenta al menos los siguientes dominios y controles:

Dominios	Controles asociados
FR 1 - Principios básicos de arquitectura (PB)	Separación entre las redes IT y OT Segmentación de subredes Acceso físico
FR 2 – Redes geográficamente dispersas (RD)	
FR 3 - Publicación e integración de servicios (PS)	Mantenimiento de equipos Control de acceso a proveedores Copias de seguridad Gestión de usuarios y accesos Señalización Gestión de activos Monitorización
FR 4 - Control de identificación y autenticación (IAC)	Acceso remoto Control de acceso a proveedores Gestión de usuarios y accesos
FR 5 - Control de uso (UC)	Acceso remoto Gestión de usuarios y accesos Monitorización
FR 6 – Integridad del sistema (SI)	
FR 7 - Confidencialidad de los datos (DC)	Gestión de usuarios y accesos
FR 8 - Flujo de datos restringido (RDF)	Separación entre las redes Segmentación de subredes Protecciones generales de red Acceso físico
FR 9 - Respuesta oportuna a los acontecimientos (TRE)	
FR 10 - Disponibilidad de recursos (RA)	Protecciones generales de red Copias de seguridad Suministro eléctrico Gestión del suministro eléctrico

8.2.2 Propuesta de medidas e implementación de las mismas

Una vez validado el análisis por METRO, se realizará una propuesta de medidas a implementar en la red de datos e implementadas en los sistemas que consigan un **nivel 3** de madurez. El modelo de madurez utilizado para evaluar dicha madurez debe estar basado en la norma IEC-62443 y en niveles de seguridad (Safety Levels):

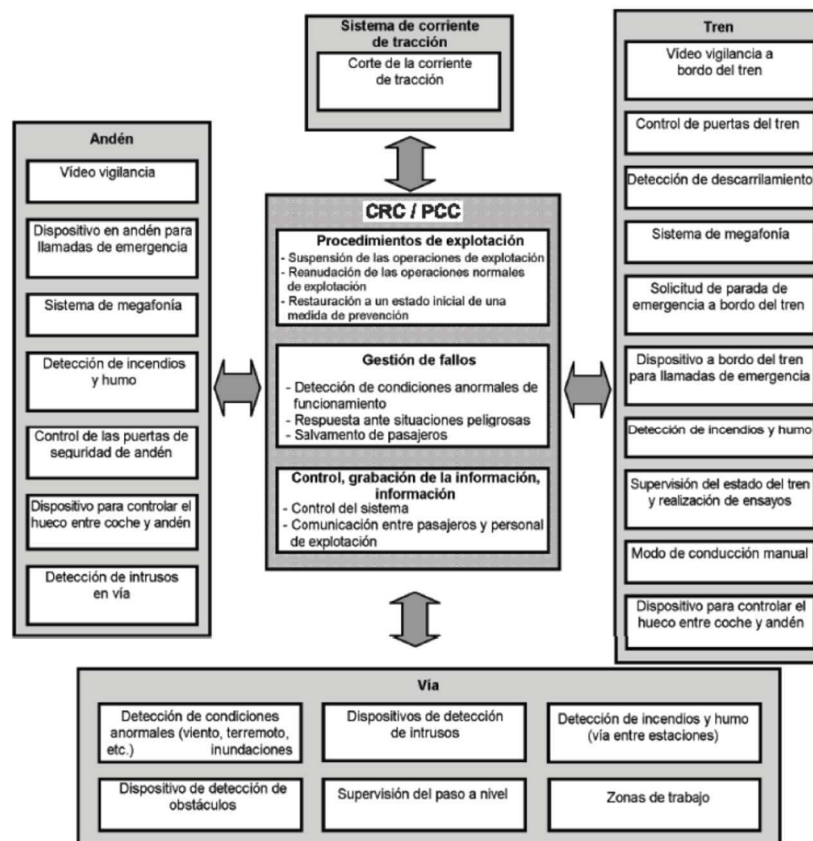
- Nivel de seguridad 0 (SL 0). No se dispone de ningún requisito específico ni de ninguna protección de seguridad.
- Nivel de seguridad 1 (SL 1). Se previene la revelación no autorizada de información a través de la escucha clandestina o la exposición casual.
- Nivel de seguridad 2 (SL 2). Se previene la revelación no autorizada de información a una entidad que la busca activamente por medios simples, con bajos recursos, habilidades genéricas y baja motivación.
- **Nivel de seguridad 3 (SL 3).** Se impide la divulgación no autorizada de información a una entidad que la busque activamente utilizando medios sofisticados con recursos moderados, competencias específicas de los sistemas de automatización y control industrial y motivación moderada.
- Nivel de seguridad 4 (SL 4). Se impide la divulgación no autorizada de información a una entidad que la busca activamente utilizando medios sofisticados con recursos ampliados, conocimientos específicos del SICTE y alta motivación.

Como resultado de este trabajo se obtendrá:

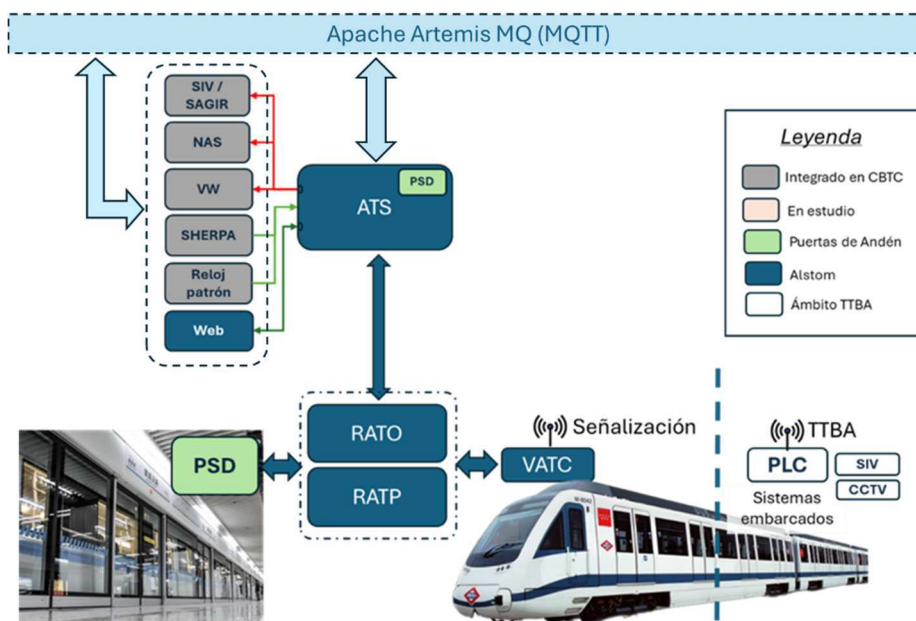
- Relación de medidas implementadas en la arquitectura propuesta

8.3 CASOS DE USO A DESPLEGAR

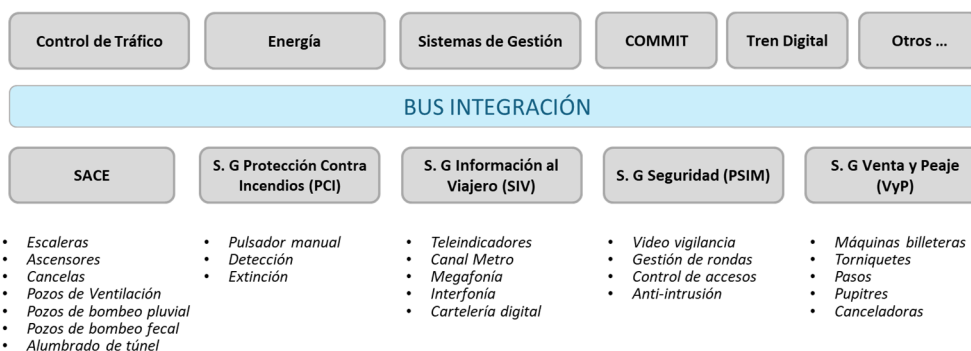
Con el cambio de modo de operación de GoA2 a GoA4 en línea 6, surgen nuevas necesidades para el control y supervisión de la línea. En la siguiente figura se puede ver un extracto de la norma UNE-EN 62267 (Aplicaciones ferroviarias. Transporte urbano guiado automáticamente. Requisitos de seguridad).



Desde el punto de vista de la explotación de la línea, los cambios más significativos son la inclusión de puertas de andén (PSD – Platform Screen Doors) y la actualización del sistema de señalización para la conducción automática, además de la inclusión de los trenes adaptados para poder aprovechar dichas capacidades. El proveedor ofrece un bus de lectura/escritura que permita realizar esas integraciones.

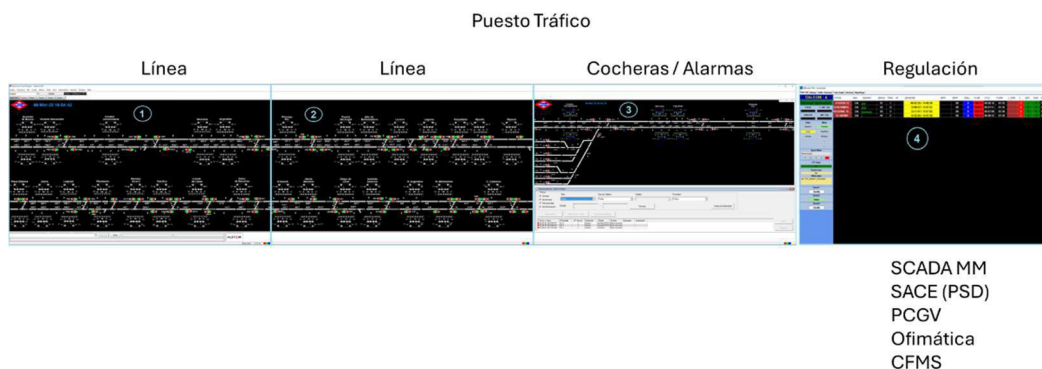


Paralelamente al proyecto de automatización, conviven distintos proyectos en curso relacionados con la renovación de los sistemas existentes para la gestión de la infraestructura de la línea (información al viajero, video, control de acceso, etc.). En todas las renovaciones, se exige la integración de los sistemas mediante un bus de comunicaciones.

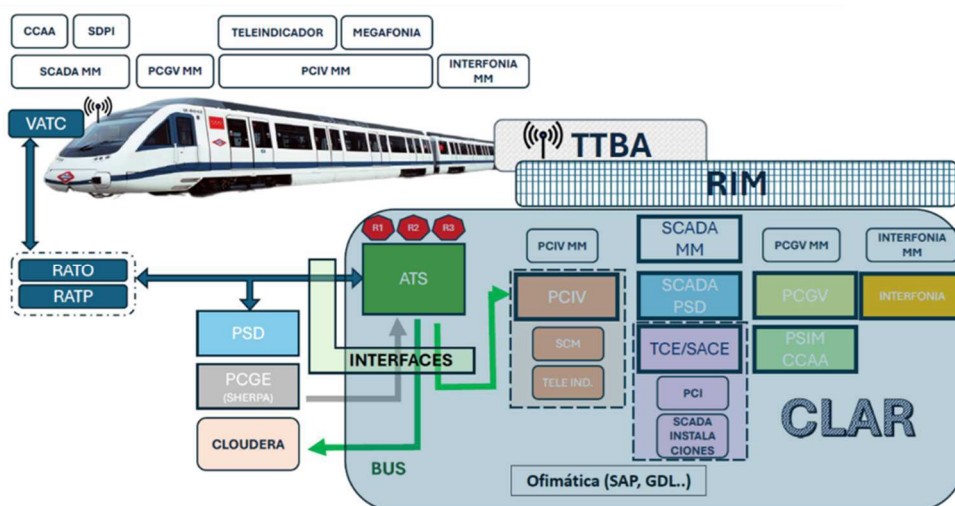


Lo mismo ocurre con los sistemas orientados a la gestión y el mantenimiento del material rodante, que plantea la integración de los sistemas aguas arriba mediante un broker de mensajería MQTT.

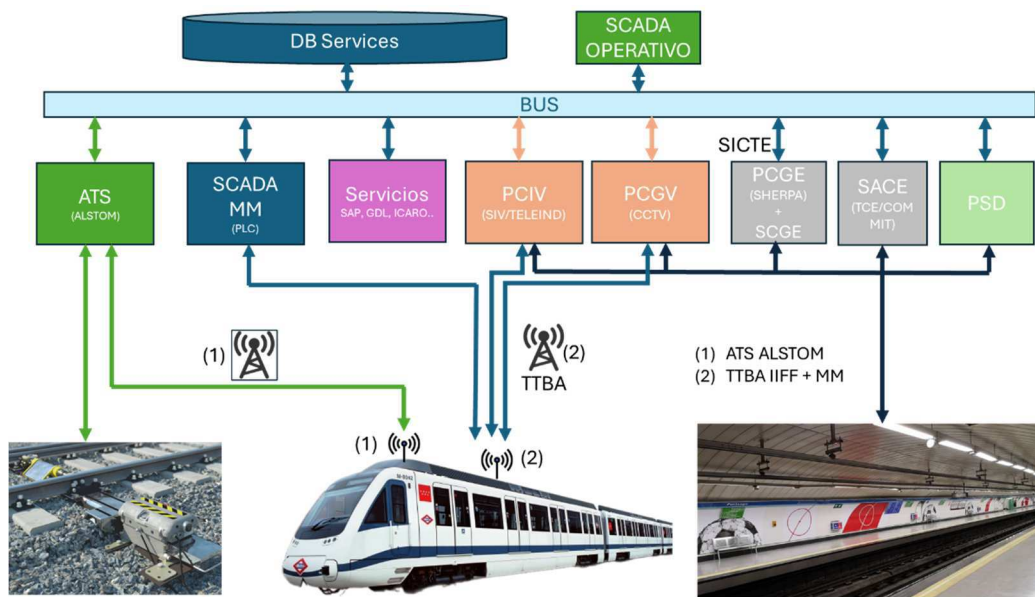
Los puestos de operador en los centros de control también incrementan su complejidad. En contraste con el puesto de operación de tráfico actual, que dispone de las aplicaciones para los perfiles CTC, CCTV y ofimática, el nuevo puesto de operador de tráfico deberá contar adicionalmente con los SCADAs de Material Móvil, PSD y con el nuevo ATS que le permitirá gestionar el tráfico de la línea, incluyendo el material móvil funcionado en modo automático, lo que supone un salto cualitativo en la cantidad de información gestionada.



A la dificultad técnica derivada del incremento de aplicaciones necesarias por los operadores en los distintos perfiles de puesto, se une tener que realizar las tareas de forma distribuida entre varias aplicaciones, lo que aleja la ergonomía y usabilidad del puesto de lo ideal. Pensemos que la línea se gestiona íntegramente de forma remota, el número de monitores por puesto debe ser limitado para conseguir la ergonomía suficiente.



Es por todo esto que se propone aprovechar las características de los nuevos sistemas para integrarlos mediante un bus universal que posibilite no sólo el intercambio de información, sino también el desarrollo de un asistente operativo LAR que permita realizar las gestiones de forma integrada, ergonómica y de respuesta de forma iterativa a los requisitos funcionales.



Este asistente permitiría principalmente dos cosas:

- El desarrollo de aplicaciones con acceso a todos los sistemas en interfaces integrados de forma abierta (no vinculada a proveedores).
- La integración de todos los sistemas mediante el uso de un bus universal y normalizado, simplificando la gestión y posibilitando el desarrollo de los casos de uso para cubrir el modelo operativo.

Por todo lo indicado anteriormente y una vez desplegada la plataforma tecnológica descrita en el capítulo 10.3, dentro del alcance de este proyecto es necesario disponer de los servicios profesionales para realizar el estudio y los trabajos necesarios para la integración de los datos expuestos por los diversos sistemas ferroviarios en el bus PEBS, así como, los casos de uso operativos finalmente necesarios.

En el Anexo I, se describen algunos de los posibles casos de uso, si bien esta lista no es definitiva ni limitante dado que el desarrollo de los mismo se irá produciendo en base a la experiencia adquirida y las necesidades existentes.

A continuación, se describe el modelo iterativo con el que se consumirán estos servicios profesionales que forman parte de este proyecto.

8.3.1 Actividades y entregables

En general, dado que los sistemas a integrar en el EBS son entornos de nueva implantación en METRO, basaremos las actividades del SERVICIO con un enfoque iterativo y exploratorio. Para cada uno de los casos de uso se cubrirán las siguientes fases:

- Fase de verificación formal de requisitos

- Fase de descubrimiento y análisis
- Fase de presentación
- Fase de diseño de la integración
- Fase de desarrollo
- Fase de pruebas
- Fase de despliegue y monitoreo

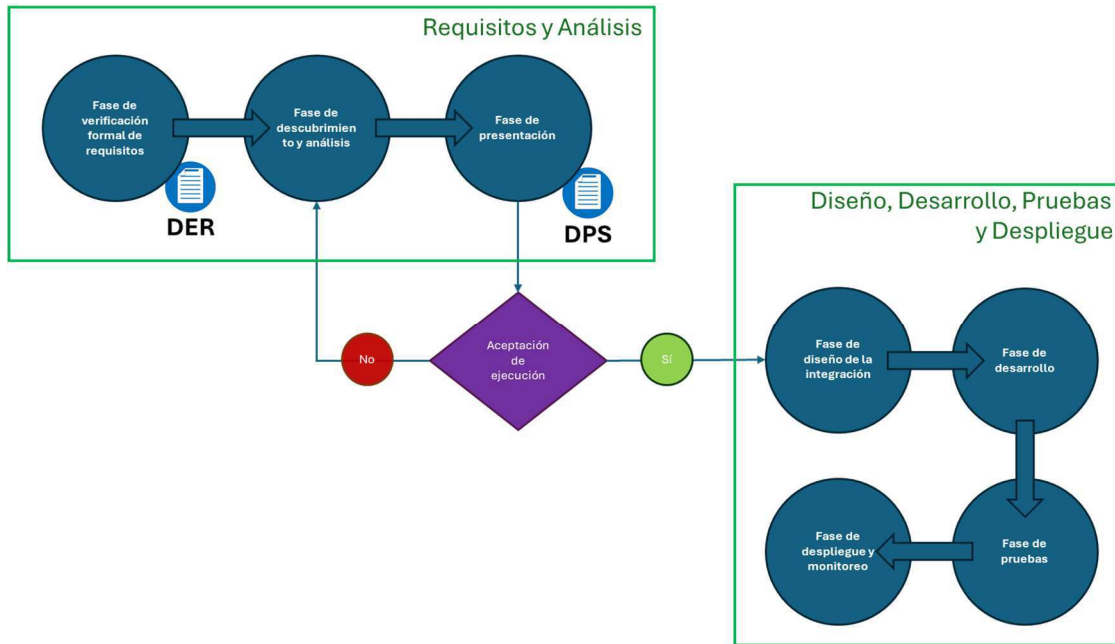


Figura 1 Workflow de las fases de servicio

A continuación, se aporta más información de los trabajos que pudieren incluirse dentro de los ámbitos anteriores.

8.3.1.1 Fase de verificación formal de requisitos

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Recibir y analizar la documentación de necesidades proporcionada por el departamento de METRO.
- Elaborar un Documento de Entendimiento de Requisitos (DER), por parte del contratista, en el que se refleje su interpretación técnica y funcional de los mismos.
- Presentar dicho documento en una sesión formal de verificación, donde se expondrá su comprensión, se resolverán dudas y se recogerán observaciones de METRO.
- Obtener la validación formal de METRO mediante la firma o aceptación del DER, como condición previa al inicio de la fase de descubrimiento y análisis.

Actividad de Verificación de Requisitos (AVR)

Para la ejecución del alcance descrito, se deberán contar al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto encargado de definir la estrategia (30 %)
- Desarrollador de software encargado de definir el Documento de Entendimiento de Requisitos (DER) (70 %)

Tiempo de realización: 1 o 2 semanas dependiendo de la documentación inicial y la complejidad de la petición.

8.3.1.2 Fase de descubrimiento y análisis

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Recolección de información: en este ámbito se contactará con el responsable del servicio y/o integrador de este para obtener:
 - la documentación existente, ejemplos de request/responses, credenciales de prueba, limitaciones de uso en la API, etc.
- Inspección de la API (si la documentación no cubre todos los requisitos previos): para su realización se utilizarán varias herramientas específicas para estos entornos:
 - Uso de herramientas como Postman, Insomnia, cURL para enviar request exploratorios.
 - Captura de tráfico (con Fiddler, Wireshark o Burp suite) en caso de ser necesario.
 - Creación de ejemplos de payloads y respuestas para modelado inicial.
- Evaluación de seguridad y cumplimiento
 - Validar autenticación (API key, OAuth2, Basic Auth, certificados, etc.)
 - Confirmar requisitos de encriptación (TLS, firma de mensajes, hashing, etc.)
 - Identificar implicaciones con regulaciones tales como RGPD, NIS, etc.

Actividad de Descubrimiento y Análisis (ADA)

Para la ejecución del alcance descrito, se deberán contar al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto encargado de definir la estrategia (30 %)
- Consultor de sistemas Mulesoft encargado de pruebas de inspección y de validación de protocolos y riesgos (70 %)

Tiempo estimado de realización: 1 a 2 semanas dependiendo de la documentación inicial y la complejidad de la API.

8.3.1.3 Fase de presentación

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Objetivo del nuevo caso de uso
 - Descripción funcional del caso de uso.
 - Sistemas origen y destino implicados.
 - Valor añadido para el negocio (automatización, trazabilidad, reducción de tiempos, etc.).
- Estrategia de integración
 - Tipo de integración: síncrona/asíncrona, batch vs. real-time.
 - Modelo de arquitectura: API-led connectivity (System API, Process API, Experience API).
 - Consideraciones técnicas: autenticación, transformación de datos, errores, seguridad.
- Herramienta a utilizar
 - Durante la ejecución del caso de uso, se emplearán las siguientes herramientas tecnológicas, cada una con un propósito específico dentro del ecosistema de integración y visualización:
 - **MuleSoft Anypoint Platform**
 - ¿Qué es? Plataforma de integración líder para conectar aplicaciones, datos y dispositivos mediante APIs reutilizables.
 - ¿Para qué se usa en esta fase?
 - Diseñar y exponer APIs (API Designer, Exchange).
 - Desarrollar flujos de integración (Anypoint Studio).
 - Gestionar entornos y despliegues (Runtime Manager).
 - Aplicar el enfoque API-led connectivity para estructurar la solución en System, Process y Experience APIs.
 - **Ignition Perspective (Inductive Automation)**
 - ¿Qué es? Módulo de visualización web de la plataforma Ignition, orientado a entornos industriales y SCADA.
 - ¿Para qué se usa en esta fase?
 - Crear interfaces gráficas responsivas para usuarios finales (HMI, dashboards).
 - Visualizar datos en tiempo real provenientes de sistemas conectados vía MuleSoft.
 - Integrar eventos, alarmas y controles operativos en una única vista web accesible desde cualquier dispositivo.
 - **Tulip**

- ¿Qué es? Plataforma no-code/low-code para digitalizar procesos operativos en planta, enfocada en manufactura, calidad y operaciones.
- ¿Para qué se usa en esta fase?
 - Diseñar aplicaciones operativas sin necesidad de programación.
 - Integrar datos de producción, calidad o trazabilidad con APIs MuleSoft.
 - Facilitar la interacción de operarios con sistemas digitales mediante interfaces simples y adaptadas.
- Ignition Perspective y Tulip son plataformas orientadas a la digitalización de entornos industriales, pero con enfoques funcionales distintos. Será labor del contratista enfocar su utilización según los casos de uso.
 - Ignition Perspective, como módulo de visualización web de la plataforma SCADA Ignition, permite el desarrollo de interfaces HMI avanzadas para la supervisión en tiempo real de procesos industriales, con integración directa a PLCs, OPC UA, MQTT y bases de datos.
 - Tulip, en cambio, es una plataforma no-code enfocada en la creación de aplicaciones operativas para planta, orientadas a la captura de datos de producción, calidad y trazabilidad, sin necesidad de programación.
 - Mientras Ignition se integra principalmente en arquitecturas de control y automatización, Tulip se posiciona como herramienta de digitalización de procesos manuales y operativos, con fuerte orientación al usuario final en planta.

Todo este alcance quedará recogido en el Documento de Desarrollo y Puesta en Servicio (DPS) del caso de uso. El DPS recogerá la propuesta de Unidades de Desarrollo, Unidades de Pruebas y Unidades de Despliegue y Monitoreo necesarias para la puesta en servicio de este caso de uso.

El DPS se presentará en una sesión formal donde se expondrá su contenido, se resolverán dudas y se recogerán observaciones de METRO.

Será obligatorio obtener la validación formal de METRO mediante la firma o aceptación del DPS, como condición previa:

- A la finalización definitiva de las fases de verificación, fase de descubrimiento y análisis y fase de presentación.
- Al inicio de la fase de diseño de la integración.

Actividad de Presentación (APR)

Para la ejecución del alcance descrito, se deberán contar al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto encargado de definir la estrategia (30 %)
- Consultor de sistemas Mulesoft encargado de la elaboración de los casos de uso, la documentación y presentaciones. (70%)

Tiempo estimado de realización: 1 semana.

Unidad de Requisitos y Análisis (URA)

Esta unidad estará compuesta por las siguientes actividades:

- Actividad de Verificación de Requisitos (AVR)
- Actividad de Descubrimiento y Análisis (ADA)
- Actividad de Presentación (APR)

8.3.1.4 Fase de diseño de la integración

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Definición de la integración de la API
 - Generar un RAML/OAS (OpenAPI Specification) en Anypoint Exchange para estandarizar la definición de la API descubierta en la fase anterior.
 - Modelado de objetos de datos y errores.
- Diseño de la arquitectura de integración
 - Determinar si se utilizará un System API (para encapsular la API externa), un proceso API (para lógica de negocio) o ambos.
 - Evaluar si se requiere un caching layer (Object Store, Redis, etc.)
 - Definir patrones de integración (síncrono, batch, publicación/suscripción, etc.)
- Plan de pruebas de conectividad y rendimiento
 - Diseñar casos de prueba para validar timeout, retries, manejo de errores y resiliencia.

Unidad de Diseño de la Integración (UDI)

Para la ejecución del alcance descrito, se deberán contar al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto encargado de diseño de APIs y arquitectura (30 %)
- Desarrollador de software encargado de modelado de RAML/OAS (70 %)

Tiempo estimado de realización: 1 semana.

8.3.1.5 Fase de desarrollo

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Construcción del conector Mulesoft
 - Configuración de HTTP Reques Connector (o SOAP Consumer, si aplica).
 - Manejo de autenticación (API Key, OAuth2, etc.)
 - Implementación de transformaciones con DataWeave.
- Implementación de System API en Mulesoft
 - Encapsular la API externa.
 - Gestión de errores centralizada (error handlers, reintentos, fallback).
 - Logging estructurado y trazabilidad (con Anypoint Monitoring).
- Implementación de Process API (si aplica)
 - Orquestación de varias fuentes
 - Normalización de formatos de entrada/salida
 - Lógica de negocio intermedia.
- Desarrollos adicionales necesarios (interfaz gráfico, capa de negocio, etc.)

Unidad de Desarrollo (UDE)

Para la ejecución del alcance descrito, se contará con tantas unidades de este tipo como se haya indicado en el EDR. Esta unidad contará al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto encargado de pruebas de desarrollo APIs y arquitectura (30 %)
- Desarrollador de software encargado de la implementación del conector y flujos (70 %)

Tiempo estimado: 1 jornada.

8.3.1.6 Fase de pruebas

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Pruebas unitarias y de integración
 - Casos de éxito, timeouts, datos corruptos.
 - Validación de performance básico (tiempos de respuesta y throughput)

- Pruebas funciones con usuario de negocio
 - Validar que la API encapsulada cumple con las necesidades
- Pruebas de seguridad
 - Validación de tokens, expiraciones, manejo de credenciales.
 - Vulnerabilidades OWASP.

Unidad de Pruebas (UPR)

Para la ejecución del alcance descrito, se contará con tantas unidades de este tipo como se haya indicado en el EDR. Esta unidad contará al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto encargado de las pruebas funcionales de APIs (30 %)
- Consultor de sistemas Mulesoft (30 %)
- Desarrollador de software encargado de la realización de las pruebas con el usuario de negocio (40 %)

Tiempo estimado: 1 jornada.

8.3.1.7 Fase de despliegue y monitoreo

Alcance: en este ámbito se abarcan las siguientes tareas:

- Automatización de despliegues
 - Configuración de pipelines CI/CD (Maven, Github Actions, Jenkins, etc.),
 - Deploy en Cloudfoundry, Runtime Fabric o servidores on-premises. En caso de METRO serán servidores on-premise.
- Monitoreo y alertas
 - Configuración de dashboards en Anypoint Monitoring.
 - Alertas de disponibilidad, latencia, errores 4xx/5xx.
- Documentación y traspaso de conocimiento
 - Guías de consumo en Anypoint Exchange.
 - Documentación técnica y funcional.
 - Sesiones de soporte/operaciones.

Unidad de Despliegue y Monitoreo (UDM)

Para la ejecución del alcance descrito, se contará con tantas unidades de este tipo como se haya indicado en el EDR. Esta unidad contará al menos con el siguiente equipo de trabajo durante el tiempo indicado.

Equipo de trabajo: se compondrá con un equipo de proyecto formado por:

- Jefe de proyecto (30 %)

- Desarrollador de software encargado de la integración (40 %)
- Consultor de sistemas Mulesoft (30 %)

Tiempo estimado de realización: 1 jornada.

8.3.2 Detalle de los perfiles técnicos

En el siguiente apartado se concretará con mayor detalle las necesidades de cada uno de los perfiles requeridos en las fases del capítulo anterior.

8.3.2.1 Fase de verificación formal de requisitos

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Interpretar los requisitos del cliente.
 - Diseñar la arquitectura preliminar de integración.
 - Validar la viabilidad técnica.
 - Liderar la presentación del DER.
 - Validar que los requisitos del cliente están correctamente representados.
 - Aportar visión práctica sobre la implementación.
 - Identificar riesgos técnicos o dependencias.
 - Redactar y mantener el Documento de Entendimiento de Requisitos (DER).
 - Coordinar la sesión de presentación y recogida de validaciones.
- Conocimientos:
 - Patrones de integración (System, Process, Experience APIs).
 - Mule 4 Runtime, Anypoint Platform, Cloudhub, Runtime Fabric.
 - Seguridad (OAuth2, JWT, certificados, VPNs).
 - Metodologías de descubrimiento de APIs con poca documentación.
- Rol:
 - Define la estrategia de integración, el enfoque (exploratorio, mock-first, contract-first), riesgos técnicos y la arquitectura de alto nivel.

Desarrollador de software

- Definición:
 - Traducir necesidades funcionales en integraciones de APIs (RAML/OpenAPI).
 - Validar requisitos de entornos, conectividad, seguridad y CI/CD.
 - Confirmar compatibilidad con la plataforma (CloudHub, RTF, etc.).
- Conocimientos:
 - CI/CD con Jenkins, Azure DevOps, GitHub Actions.
 - Despliegue en CloudHub, Runtime Fabric, híbrido u on-premises.
 - Configuración de secrets y credenciales seguras.
- Rol: Automatiza el despliegue, parametriza entornos y asegura consistencia en releases.

8.3.2.2 Fase de descubrimiento y análisis

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Diseña soluciones de integración complejas utilizando Mulesoft, definiendo patrones, estándares y arquitecturas que conectan sistemas internos y externos de forma escalable, segura y eficiente.
- Conocimientos:
 - Patrones de integración (System, Process, Experience APIs).
 - Mule 4 Runtime, Anypoint Platform, Cloudhub, Runtime Fabric.
 - Seguridad (OAuth2, JWT, certificados, VPNs).
 - Metodologías de descubrimiento de APIs con poca documentación.
- Rol:
 - Define la estrategia de integración, el enfoque (exploratorio, mock-first, contract-first), riesgos técnicos y la arquitectura de alto nivel.

Consultor de sistema Mulesoft

- Definición:
 - Desarrolla y mantiene servicios backend y APIs RESTful, asegurando rendimiento, escalabilidad y cumplimiento de estándares de seguridad y diseño, integrando con sistemas y bases de datos.
 - Encargado de proteger interfaces de programación mediante políticas de autenticación, autorización, cifrado y control de tráfico, aplicando buenas prácticas como OAuth2, JWT y gestión de amenazas.
- Conocimientos:
 - APIs REST/SOAP, HTTP, gRPC.
 - Herramientas: Postman, Insomnia, cURL, Swagger, Wireshark, etc.
 - Modelado de datos JSON, XML, CSV, etc.
 - Autenticación/autorización: OAuth2, SAML, Basic Auth, API Keys.
 - TLS/SSL, certificados digitales, cifrado simétrico/asimétrico.
 - OWASP API Security Top 10.
- Rol:
 - Hace ingeniería inversa de la API, ejecuta pruebas de conectividad, crea colecciones de request y define payloads base.
 - Valida que la integración cumpla con estándares de seguridad, revisa cifrados y posibles vulnerabilidades.

8.3.2.3 Fase de presentación

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Interpretar los requisitos del cliente.
 - Diseñar la arquitectura preliminar de integración.
 - Validar la viabilidad técnica.
 - Liderar la presentación del DER.
- Conocimientos:
 - Patrones de integración (System, Process, Experience APIs).
 - Mule 4 Runtime, Anypoint Platform, Cloudhub, Runtime Fabric.
 - Seguridad (OAuth2, JWT, certificados, VPNs).
 - Metodologías de descubrimiento de APIs con poca documentación.
- Rol:
 - Define la estrategia de integración, el enfoque (exploratorio, mock-first, contract-first), riesgos técnicos y la arquitectura de alto nivel.

Consultor de sistema Mulesoft

- Definición:
 - Desarrolla y mantiene servicios backend y APIs RESTful, asegurando rendimiento, escalabilidad y cumplimiento de estándares de seguridad y diseño, integrando con sistemas y bases de datos.
 - Encargado de proteger interfaces de programación mediante políticas de autenticación, autorización, cifrado y control de tráfico, aplicando buenas prácticas como OAuth2, JWT y gestión de amenazas.
- Conocimientos:
 - APIs REST/SOAP, HTTP, gRPC.
 - Herramientas: Postman, Insomnia, cURL, Swagger, Wireshark, etc.
 - Modelado de datos JSON, XML, CSV, etc.
 - Autenticación/autorización: OAuth2, SAML, Basic Auth, API Keys.
 - TLS/SSL, certificados digitales, cifrado simétrico/asimétrico.
 - OWASP API Security Top 10.
- Rol:
 - Hace ingeniería inversa de la API, ejecuta pruebas de conectividad, crea colecciones de request y define payloads base.
 - Valida que la integración cumpla con estándares de seguridad, revisa cifrados y posibles vulnerabilidades.

8.3.2.4 Fase de diseño de la integración

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Define la arquitectura técnica de soluciones basadas en Mulesoft, incluyendo diseño de flujos, reutilización de componentes, gobernanza de APIs y alineación con la estrategia empresarial de integración.
- Conocimientos:
 - Diseño API-led connectivity
 - API designer en Anypoint Platform (RAML/OAS)
 - Arquitectura de referencia Mulesoft (System, Process, Experience APIs).
 - Estrategias de resiliencia (timeouts, retries, circuit breaker).
- Rol:
 - Define las integraciones de API, selecciona patrones de integración, modela los endpoints y define SLAs.

Desarrollador de software

- Definición:
 - Modela y documenta interfaces y flujos de integración, asegurando que las APIs cumplan con estándares de diseño (como RAML o OpenAPI) y sean fácilmente consumibles por otros sistemas.
- Conocimientos:
 - RAML, OpenAPI Specification (OAS 3).
 - Modelado de entidades y recursos RESTful.
 - Estándares de diseño (naming conventions, versionado de APIs, manejo de errores estandarizados).
- Rol: Documenta formalmente la API en Anypoint Exchange y genera mocks para pruebas tempranas.

8.3.2.5 Fase de Desarrollo

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Diseña y ejecuta pruebas automatizadas sobre APIs y sistemas integrados, utilizando frameworks como Postman, RestAssured o SoapUI, para validar funcionalidad, rendimiento y regresiones.
- Conocimientos:
 - Framework de pruebas MUnit.
 - Simulación de endpoints y validación de transformaciones.
 - Integración de pruebas en pipelines CI/CD.

- Rol: Desarrolla pruebas unitarias y de integración automáticas para asegurar calidad del código.

Desarrollador de software

- Definición:
 - Implementa flujos de integración complejos en Anypoint Studio, optimiza el rendimiento de APIs y servicios, y colabora en la resolución de incidencias técnicas en entornos productivos.
- Conocimientos:
 - Mule 4 Runtime.
 - DataWeave avanzado para transformaciones complejas.
 - Conectores MuleSoft (HTTP, Database, Salesforce, SAP, etc.).
 - Implementación de políticas en API Manager (throttling, CORS, logging).
- Rol: Construye los flujos Mule (System APIs y Process APIs), maneja autenticación, errores y logging estructurado.

8.3.2.6 Fase de Pruebas

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Realiza pruebas manuales y semiautomatizadas sobre APIs, verificando que las respuestas, estructuras y comportamientos cumplan con los requisitos funcionales definidos.
- Conocimientos:
 - Diseño de pruebas funcionales en Postman/SoapUI.
 - Validación de contratos API (RAML/OAS).
 - Casos de prueba para flujos de negocio.
- Rol: Valida que la API encapsulada en MuleSoft cumple los requisitos funcionales.

Consultor de sistemas Mulesoft

- Definición:
 - Evalúa vulnerabilidades en APIs y sistemas integrados, aplicando pruebas de penetración, validación de tokens, control de acceso y análisis de cumplimiento normativo (OWASP API Security Top 10).
- Conocimientos:
 - OWASP ZAP, Burp Suite.
 - Ataques comunes APIs (SQL Injection, XSS, token hijacking, replay attacks).
- Rol: Ejecuta pruebas de penetración para validar que la integración no exponga vulnerabilidades.

Desarrollador de software

- Definición:
 - Define y prioriza los requisitos del producto, gestiona el backlog y asegura que el equipo de desarrollo entregue funcionalidades alineadas con los objetivos de negocio y necesidades del cliente.
- Conocimientos:
 - Procesos funcionales de la organización.
 - Requisitos de negocio asociados al uso de la API.
- Rol: Valida que el servicio cumple con la necesidad funcional y de negocio.

8.3.2.7 Fase de Despliegue y Monitoreo

Jefe de proyecto

- Definición:
 - Brinda soporte técnico y funcional a soluciones de integración en producción, resolviendo incidencias, monitoreando servicios y asegurando la continuidad operativa de las APIs y flujos.
- Conocimientos:
 - Troubleshooting de integraciones.
 - Análisis de logs, correlación de errores.
 - SLA/SLO/SLI de servicios expuestos.
- Rol: Garantiza continuidad operativa, atiende incidentes y realiza mantenimiento correctivo/preventivo.

Desarrollador de software

- Definición:
 - Automatiza despliegues, gestiona entornos y configura pipelines CI/CD para soluciones Mulesoft, asegurando disponibilidad, trazabilidad y control de versiones en la plataforma.
- Conocimientos:
 - CI/CD con Jenkins, Azure DevOps, GitHub Actions.
 - Despliegue en CloudHub, Runtime Fabric, híbrido u on-premises.
 - Configuración de secrets y credenciales seguras.
- Rol: Automatiza el despliegue, parametriza entornos y asegura consistencia en releases.

Consultor de sistemas MuleSoft

- Definición:
 - Gestiona la infraestructura de Mulesoft (Anypoint Platform), incluyendo usuarios, permisos, entornos, políticas de seguridad y monitoreo de servicios desplegados.

- Conocimientos:
 - Anypoint Runtime Manager, API Manager.
 - Configuración de políticas de seguridad y rate limiting.
 - Monitoreo con Anypoint Monitoring y observabilidad.
- Rol: Administra la plataforma, configura políticas y mantiene la operación de los runtimes.

8.4 DOCUMENTACIÓN

La empresa Contratista documentará todos los trabajos que se desarrollen dentro del ámbito del proyecto siguiendo las indicaciones del Responsable del Contrato.

El Contratista recopilará, de manera detallada, todos los trabajos realizados dentro del alcance de este documento. En la documentación constará como mínimo la siguiente información:

- Documentación relativa a todos los estudios y auditorías
- Documentación de los diseños
- Código fuente de todas las integraciones y/o desarrollos a medida que se hayan realizado dentro del alcance de los trabajos
- Credenciales de administrador de todos los equipos, tanto físicos como virtuales.
- Credenciales de administrador de todas las aplicaciones y servicios desplegados
- Documentación de instalación de todos los equipos
- Inventario de los equipos instalados
- Cualquier otra información que el Responsable del Contrato considere que deba quedar recopilada en la documentación
- Documentación exigida en el plan de Formación

Toda la documentación se entregará en los documentos y formatos que determine el Responsable del Contrato.

La propiedad intelectual de todos los documentos generados durante la ejecución de los trabajos, así como todas las integraciones entre sistemas y los desarrollos que se realicen dentro del alcance de los trabajos descritos en el presente documento pasarán a ser propiedad intelectual de METRO.

Esta documentación se entregará de manera previa a la certificación de cada una de las partidas. Si la empresa Contratista no realizara la entrega de esta documentación, o la documentación entregada no fuera lo suficientemente detallada, según el criterio del Responsable del Contrato, METRO no abonará los trabajos que se ejecutarán por cuenta de la empresa Contratista.

9. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES

9.1 CONDICIONES GENERALES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES Y EQUIPOS

Todos los materiales y/o equipos que se utilicen en el proyecto deberán cumplir las condiciones que se establecen en este proyecto y deberán ser aprobados por la Dirección Facultativa, o por las personas en las que esta delegue.

Además de cumplir las prescripciones indicadas en el proyecto, los materiales y/o equipos que se utilicen en la ejecución de los trabajos, deberán cumplir la normativa legal aplicable al ámbito de actuación de estos trabajos y tendrán una calidad igual o superior a la indicada en el proyecto. El Adjudicatario entregará a la Dirección Facultativa los certificados que demuestren fehacientemente la calidad de dichos materiales y/o equipos.

El empleo de materiales autorizados por la Dirección Facultativa no libera al Adjudicatario de la responsabilidad de que estos cumplan las condiciones que se especifican en el proyecto, pudiendo ser rechazados en cualquier momento si se encuentran defectos de calidad o uniformidad. En este caso, el desmontaje y la reposición del material rechazado correrán a cargo del Adjudicatario sin coste adicional para la Propiedad.

Las marcas que se pudieran citar a lo largo del proyecto constituyen una referencia, estando la Propiedad abierta a la inclusión de materiales y equipos con iguales o mejores características que los citados.

Excepto que se indique lo contrario, o se apruebe de forma explícita por la Dirección Facultativa, todo el material a suministrar deberá ser original, de primera mano y sin reparar, no admitiéndose elementos de segunda mano o vendidos como reparados o reacondicionados.

9.1.1 Unificación de materiales y equipos

9.1.1.1 Normalización

La normalización permite disponer de materiales y/o equipos ampliamente aceptados y fácilmente localizables en el comercio. Supone innumerables ventajas desde el punto de vista de explotación, conservación, acopios de materiales y capacitación del personal.

Todos los materiales de uso común o de propósito general (tornillería, fijaciones, etc.) serán normalizados, tanto en el tipo como en sus condiciones físicas o químicas, evitando en lo posible el empleo de estos materiales bajo normas especiales del Adjudicatario o fuera de los estándares de normalización del ámbito territorial de los trabajos.

Asimismo, las soluciones constructivas deberán ser modulares, permitiendo reducir los tiempos/costes de construcción y los costes operativos de METRO, siempre y cuando sean conservadas las condiciones estéticas y de durabilidad requeridas.

9.1.1.2 Intercambiabilidad

Todos los materiales y equipos, aunque se construyan en diferentes fábricas y/o talleres, deberán ser exactamente iguales, pudiéndose intercambiar todos los elementos con extrema facilidad y sin necesidad de realizar modificaciones en los mismos. Este requerimiento se extenderá tanto a nivel de equipo como para cualquiera de sus elementos, aunque se trate de proveedores alternativos del propio Adjudicatario.

Como norma general, en caso de que alguno de los sistemas, materiales y/o equipos a incorporar en los presentes trabajos fuesen iguales a suministros anteriores, serán idénticos en sus aspectos internos y externos y se entregarán conforme a la última edición en que fueron modificados en explotación. La Dirección Facultativa aportará en este caso, cuanta información se disponga de la requerida por el Adjudicatario.

En cualquier momento, la Dirección Facultativa podrá exigir al Adjudicatario comparar estos sistemas, materiales y/o equipos con los existentes en los almacenes de la Propiedad, e incluso realizar la sustitución por alguno de los que están en explotación, todo ello con el fin de garantizar su total intercambiabilidad.

El incumplimiento de esta prescripción o la observación de diferencias en los sistemas, materiales y/o equipos implantados, supuestamente iguales, será motivo de rechazo del mismo y provocará la sustitución por otros que cumplan las prescripciones sin coste adicional para la Propiedad.

9.1.2 Fabricación de los materiales y equipos

No aplica

9.1.3 Acopio, distribución y transporte de los materiales y equipos

Todos los gastos de acopio, transporte y distribución de materiales serán por cuenta del Adjudicatario (atendiendo al criterio DDP-Delivered Duty Paid), así como la retirada del material sobrante.

Las condiciones de transporte, distribución y retirada de materiales serán aprobadas por la Dirección Facultativa.

El Adjudicatario deberá disponer de todos los medios necesarios para la realización de los trabajos, incluidos vehículos, conductores y personal acreditado, herramientas, etc.

9.1.4 Inspecciones y ensayos

Las inspecciones y ensayos de los materiales y/o equipos suministrados por el Adjudicatario, así como la aceptación de los mismos en los trabajos, no tienen otro carácter que el de comprobación de las especificaciones técnicas establecidas.

En adición al seguimiento y aseguramiento de la calidad a los que está obligado el Adjudicatario, y con el fin de inspeccionar, vigilar y supervisar las acciones técnicas del proyecto, la Dirección Facultativa por sus propios medios y/o mediante los servicios de una Entidad Inspectora en caso de que la hubiera, vigilarán el exacto cumplimiento de lo indicado en el presente proyecto, desde el seguimiento del cumplimiento de la planificación y sus diversos hitos, hasta la fabricación, instalación, pruebas y recepciones, salvo que expresamente se indique otra cosa.

9.1.4.1 Inspecciones

Como norma general, ningún material y/o equipo podrá ser utilizado sin que previamente haya sido examinado (ensayado o inspeccionado) con éxito.

Si la Dirección Facultativa tuviera razonable evidencia de que se hubieran realizado trabajos defectuosos o que hubieran sido utilizados materiales y/o equipos en mal estado o de características no acordes con las especificaciones, podría estimar conveniente realizar un examen de la instalación. En tal caso, el Adjudicatario, proveedor o fabricante proporcionará los recursos y mano de obra necesarios para la inspección, en la forma que determine la Dirección Facultativa.

Los defectos, en caso de que los hubiera, serán reflejados en un acta de no conformidad y los materiales y/o equipos defectuosos serán marcados claramente para asegurar así que no serán empleados ni ofrecidos de nuevo, a menos que sean reparados por el Adjudicatario, con el consentimiento previo de la Dirección Facultativa y a su entera satisfacción.

Si la reparación fuese imposible o tan costosa que no compensase el material y/o equipo, éstos serán sustituidos sin dilación.

En el supuesto de que el Adjudicatario no se mostrase dispuesto a realizar la inspección solicitada por la Dirección Facultativa, ésta podrá paralizar los trabajos. Los costes derivados de la realización de la inspección para comprobar la existencia de tales defectos serán facturados al Adjudicatario.

9.1.4.2 Ensayos

El Adjudicatario avisará a la Dirección Facultativa con la antelación suficiente para la asistencia a las pruebas y ensayos, y deberá estar presente cuando dichos ensayos se efectúen en las instalaciones de sus fabricantes o proveedores.

Los materiales y/o equipos sometidos a normas serán ensayados por el Adjudicatario o entidad contratada por el mismo conforme a la edición en vigor de las normas que los regulan en el momento de realizar los ensayos.

En caso de que algún material y/o equipo estuviese sometido a alguna norma/s especial o interna del fabricante, ésta será entregada a la Dirección Facultativa para su aceptación o rechazo.

Después de la firma del contrato, si procede, serán definidos conjuntamente entre Adjudicatario y la Dirección Facultativa, la realización de ensayos adicionales a los contemplados en las normas de aplicación.

La Dirección Facultativa podrá recepcionar los equipos en fábrica y/o taller, por lo que el Adjudicatario informará con la suficiente antelación a la Dirección Facultativa de la realización de las pruebas aportando la siguiente información:

- Proveedor, fecha, lugar, etc.
- Protocolo de pruebas.
- Equipos y recursos necesarios.

Si bien la asistencia del Adjudicatario a estas pruebas se considerará imprescindible, de la cual levantará el acta correspondiente, la Dirección Facultativa asistirá o no a las mismas según su conveniencia. En caso de asistir, el Adjudicatario se encargará de la gestión logística, del transporte y de la seguridad de la Dirección Facultativa.

9.2 RECEPCIÓN

Una vez terminadas las instalaciones se procederá, mediante los protocolos específicos, a realizar las mediciones de parámetros y magnitudes de las instalaciones objeto de la recepción, que deberán quedar reflejados en los documentos de los protocolos.

Si la ejecución de los trabajos no cumpliera con todas las especificaciones, el Adjudicatario procederá, con toda urgencia, a efectuar las correcciones necesarias hasta que desaparezcan las diferencias señaladas. Una vez efectuado este trabajo, podrá procederse a la recepción de las instalaciones.

9.3 CERTIFICACIÓN FINAL

La instalación se someterá a las pruebas de recepción y a todas aquellas que, en base a la experiencia en explotación, la Dirección Facultativa y el Adjudicatario, de común acuerdo consideraran aconsejable realizar.

Asimismo, se procederá a la lectura del proyecto y contratos para contrastar la total ejecución de lo indicado en los citados documentos, y que en caso de no cumplirse se procederá a su resolución previo a la certificación final de los trabajos. Como norma general, no se planteará la realización de la certificación final si no estuvieran implantadas y comprobadas todas las modificaciones surgidas.

Si el resultado es satisfactorio se realizará la certificación final.

En casos absolutamente excepcionales, y para la situación en que no se superen las pruebas de la recepción, y siempre previa conformidad de la Dirección Facultativa, se podrá elevar la

correspondiente acta, indicándose en la misma el plazo para la subsanación de defectos, entregas documentales, compromisos, etc., así como las consecuencias de su incumplimiento por parte de Adjudicatario.

9.4 PLAN DE CALIDAD

El contratista aportará un detallado Plan de Calidad donde deberá quedar reflejado, en las diversas fases del proyecto, la intervención, medios, criterios, documentos, etc. de los departamentos de calidad.

En este sentido y además de cumplimentar los datos propios de pruebas, ensayos, planillas, etc., el personal del Adjudicatario destinado en estas áreas, deberá tener la libertad adecuada para mantenerse crítico con sus propios trabajos y la independencia suficiente como para rechazar los elementos que proceda, independientemente del estado de los trabajos, antes de ser ofrecida para la aceptación de la Dirección Facultativa y/o la Entidad Inspectora.

El Adjudicatario entregará a la Dirección Facultativa, a solicitud de éste, el manual de calidad, los procedimientos internos establecidos, con carácter general o para el contrato al que se refiere este concurso, para el adecuado seguimiento y cumplimiento de la misma, sobre todo en los aspectos de revisión de proyecto, control de modificaciones o acciones correctivas, control de rechazos, registros y revisión del sistema y aprobación de proveedores.

Asimismo, también hará entrega de todas las instrucciones de trabajo de las actividades importantes o de interés en el proceso de fabricación, montaje y aquellas otras que resulten importantes por su influencia en la explotación o mantenimiento. Para ello se establecerán programas y auditorías para constatar el cumplimiento y trazabilidad de los procesos de trabajo.

La presentación del Plan de Calidad en la oferta técnica no implica su aceptación por parte de la Dirección Facultativa, pudiendo ésta exigir modificaciones, ampliaciones e incluso la nueva redacción de dicho plan.

9.5 DOCUMENTACIÓN FINAL

La documentación final deberá ser entregada por el Adjudicatario a la Dirección Facultativa, dentro del mes siguiente a la Recepción, en las condiciones y forma que hayan establecido previamente.

Deberá disponer de la calidad suficiente para, a juicio de la Dirección Facultativa, asegurar la operación y mantenimiento de todos los elementos de las instalaciones objeto del presente PPT.

Se suministrará en soporte informático y en papel, en castellano y contendrá al menos: la memoria explicativa de lo realmente ejecutado, las modificaciones efectuadas con respecto al proyecto, planos, mediciones, presupuestos, esquemas, descripciones del funcionamiento de los equipos, especificación de los componentes, normas de uso y mantenimiento, etc.

9.5.1 Propiedad de la documentación

La documentación final podrá ser utilizada por METRO en la forma que estime conveniente, siempre y cuando sea únicamente en su provecho y no para terceros.

9.5.2 Documentación a entregar

El Adjudicatario hará entrega de las especificaciones de cada uno de los equipos o elementos de la instalación donde se indicará al menos: características, funcionalidad, prescripciones de mantenimiento, plazos y proceso (durante los períodos establecidos), normas de prueba y ajuste, lista de piezas constituyentes, límites de desgaste, instrumentación precisa, renovaciones sistemáticas, cualificación del personal y tiempo para la realización de los trabajos. Toda esta documentación deberá ser aprobada por la Dirección Facultativa.

El Adjudicatario enviará cuanta información sea conveniente para la mejor explotación y mantenimiento de los sistemas objeto de su suministro, según su propio criterio y de forma complementaria a lo aquí reflejado.

Por otra parte, la Dirección Facultativa podrá solicitar cuanta información estime oportuna para el desempeño de sus funciones.

En el caso de equipos comerciales, el Adjudicatario entregará los manuales de usuario, referencia, servicio, instalación, configuración, programación, administración y cualquier otro documento que se pueda solicitar al fabricante y que sea necesario para el posterior mantenimiento de la instalación.

Si la instalación incluyese **licencias administrativas o comerciales** para el uso de los equipos, el Adjudicatario lo deberá comunicar expresamente mediante la entrega de un certificado de las licencias adquiridas, en el que se detallará al menos, el equipo afectado, el tipo de licencia y uso, duración y trámites para su renovación.

Con el fin de unificar criterios sobre la documentación según su tipo y complejidad de la instalación y para evitar disparidades durante el desarrollo de los trabajos, se deberá realizar una definición conjunta de la misma acordada entre la Dirección Facultativa y el Adjudicatario.

Básicamente deberá recoger la especificación funcional de los diferentes sistemas implantados, incluyendo una descripción detallada de la solución adoptada:

- Proyecto definitivo (memoria, presupuesto, cálculos, planos etc.)
- Manual de uso del sistema.
- Relación de equipos y elementos utilizados, indicando:
 - Fabricante.
 - Modelo.

- Número de serie.
 - Características técnicas.
 - Inventario por localización.
 - Certificados de calidad.
- Relación de software:
 - Propietario.
 - Licencias.
 - Versiones y requisitos técnicos.
 - Inventario por máquina y localización, en el formato especificado por la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Gestor de Mantenimiento de la Propiedad.
- Protocolos de pruebas realizadas.
- Documentación legal (alta en industria, etc.)
- Plan de calidad
- Plan de Mantenimiento: Todos los trabajos inherentes al mantenimiento quedarán reflejados en el Plan General de Mantenimiento, documento base de todas las acciones a efectuar en el que se establecerán las condiciones en que se realizará el mantenimiento en su globalidad, tanto en lo referente al mantenimiento preventivo como el correctivo, de modo que se garantice la operatividad en el funcionamiento y en los objetivos estipulados:
 - Instalación tipo según la localización, incluyendo:
 - Planos que permitan la identificación de los distintos equipos y de los elementos que lo integran.
 - Esquemas de conexión de equipos.
 - Descripción funcional de cada uno de los equipos y módulos.
 - Instrucciones de montaje y desmontaje de los elementos sustituibles.
 - Esquemas de situación de puentes, microrruptores, puntos de medida y componentes ajustables.
 - Protocolo de comprobación.
 - Protocolo de configuración.
 - Protocolo de ajuste.
 - Pirámide de averías.
 - Operaciones de mantenimiento preventivo.
 - Pruebas a que deben someterse los equipos tras los ciclos de conservación, al objeto de garantizar la seguridad y funcionalidad.

- Documentación de detalle que permita la reparación de cualquier elemento o subconjunto por medios propios.

9.5.3 Documentos especiales

No aplica

9.5.4 Soporte informático de la documentación

Adicionalmente a la entrega de la Documentación en papel, se entregará en soporte informatizado de acuerdo con las siguientes normas y formatos:

- Los textos se entregarán en el formato del procesador de textos Word de Microsoft. A cada documento le corresponderá un único fichero. Asimismo, se entregará un único fichero del conjunto de documentos en formato PDF.
- Los planos se suministrarán en formato de Autocad 2010.

En el caso de que el Adjudicatario no pudiera enviar la documentación en alguno de los formatos establecidos, la Dirección Facultativa estudiará la posibilidad del envío de otro tipo de formato.

La estructura, presentación, tipo de formato, proceso, codificación, etc., serán indicados por la Dirección Facultativa.

10. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

La empresa contratista realizará los suministros y trabajos exigidos en el presente documento cumpliendo con las siguientes prescripciones técnicas particulares.

10.1 ARQUITECTURA HARDWARE

La implantación de la arquitectura hardware que aplica al presente pliego (asistente operativo LAR Fase 1), se realizará en dos CPDs de METRO.

Con el fin de optimizar los recursos necesarios en los CPDs de METRO, se realizará una arquitectura cuya base será una ampliación de recursos hardware de tipología ya disponibles en la explotación de METRO, lo que garantizará su correcta puesta en producción y optimización de los tiempos de despliegue.

El equipamiento hardware que debe proveer el Contratista, como mínimo, sería:

10.1.1 Equipamiento de computo

Para los elementos de cómputo se deberán ampliar en cada CPD los armarios dedicados a entornos críticos para lo cual se realizará la instalación en cascada del nuevo chasis con los dos (2) existentes previamente que son **HPE 12000 Frame**, con lo que conseguimos optimizar el espacio, los recursos de comunicaciones tanto en fibra como en cobre, y disponemos de los sistemas de alimentación necesarios capaces de alimentar estos tres (3) chasis en cascada. El nuevo chasis irá enracado en el armario contiguo, si bien se interconectarán mediante fibras para realizar la interconexión de todos los frames.

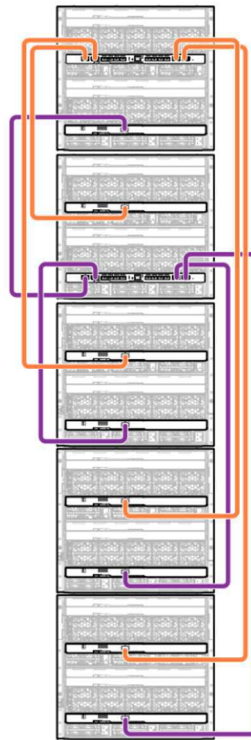


Figura 2: Diagrama conceptual de HPE 12000 Frame en cascada

El chasis tendrá las siguientes características:

- 12 bahías para módulos de cómputo y almacenamiento, permitiendo hasta 12 módulos de cómputo de media altura.
- 2 módulos de interconexión ILM 50 GB, que se configurarán como satélites de los Módulos maestro ya disponibles en los chasis de misión crítica existentes en Metro (incluyendo los cables AOC de 15m a 300GB para su interconexión).
- 2 módulos de virtual connect de fibra.
- 2 bahías para módulos de gestión.
- 2 módulos de enlace entre diferentes chasis que permitan definir un único dominio de gestión (incluyendo los cables de interconexión necesarios).
- Puertos USB y de display para diagnóstico rápido.
- Puerto ethernet para acceso desde un portátil al software de gestión del chasis.

- 10 ventiladores redundantes.
- 12 fuentes de alimentación de 1800-2200w cada una proporcionando un total de hasta 26.400 W redundantes.
- El midplane del chasis debe soportar hasta 1,2 Tb/s de ancho de banda por módulo de computación.
- El chasis debe admitir módulos hardware con el software de gestión del chasis:
 - Desde estos módulos de gestión de uno de los chasis se podrán gestionar hasta 21 chasis unidos en un único dominio de gestión, sin necesidad de añadir módulos de gestión adicionales en el resto del chasis.
 - Estarán duplicados para operar en redundancia con balanceo automático.
- El chasis debe admitir módulos de enlace entre chasis que permitan definir un único dominio de gestión:
 - Interconectar hasta 21 chasis para formar un único dominio de gestión. Los chasis propuestos deberán poder ser conectados al actual anillo de gestión de METRO basado en HPE Synergy. Para gestionar los actuales y nuevo frames de manera unificada a través de HPE OneView
 - Dispone de interfaces de red para gestión del chasis de modo que se separe el tráfico de gestión del tráfico de datos.
 - Los módulos de enlace entre chasis descubren automáticamente los recursos del chasis para su gestión desde los módulos de gestión.
 - Tiene capacidad de reportar el estado de salud de cada componente del chasis.
 - Con mecanismos de validación del firmware para evitar manipulación.
 - Con mecanismos de encriptación de ficheros con un módulo de plataforma segura (TPM) mejorando la seguridad de su equipo, creando y almacenando claves criptográficas de forma segura.
 - En cada chasis, se implementan dos módulos de enlace entre chasis para aportar redundancia.
- El chasis debe soportar, al menos, los siguientes módulos de conectividad:
 - Conexiones downstream (hacia los módulos de cómputo) de 16/32 Gb Fibre Channel.
 - Conexiones downstream (hacia los módulos de cómputo) de 25/50 Gb Ethernet
 - Conexiones downstream (hacia los módulos de cómputo) de 25/50 Gb Ethernet para adaptadores CNA. Cada una de estas conexiones se deberá poder particionar lógicamente a su vez en 4 pudiendo ser una de ellas FCoE
 - Conexiones downstream (hacia los módulos de cómputo y al almacenamiento interno del chasis) SAS 12 Gb.
 - Conexiones upstream (hacia la red) de 8/16/32 Gb Fibre Channel
 - Conexiones upstream (hacia la red) de 10/25/40/100 Gb Ethernet
 - Conexiones con otros chasis de 300 Gb ethernet. Se permitirá definir una arquitectura primario-satélite, de modo que el chasis que alberga los módulos satélites no requiere de conexiones upstream hacia la red, sino que utiliza las conexiones del chasis que alberga los módulos de conectividad primarios.

- El chasis debe admitir los siguientes módulos de cómputo:
 - Módulos de cómputo de media altura con 2 sockets con las siguientes características mínimas:
 - Soporte de dos procesadores de las familias Intel Xeon cuarta y quinta Generación.
 - 2 bahías de disco con soporte SATA, SAS y NVMe. Admite 2 discos SFF o 4 uFF.
 - 32 slots DIMM con capacidad de módulos de memoria de hasta 128 GB DDR4.
 - 3 slots mezzanine (PCIe 3.0 x16) con soporte de conectividad SAS (12 Gb), CNA (25/50 Gb) y FC (16/32 Gb). Cada una de las conexiones CNA se deberá poder particionar lógicamente a su vez en 4 pudiendo ser una de ellas FCoE.
 - Procesador de gestión integrado. Implementará mecanismos de validación del firmware para evitar firmware manipulado o malicioso (no sólo en el arranque del sistema, sino de forma continua).
 - Conector USB para el módulo de cómputo y para el procesador de gestión integrado.
 - Indicadores LED de identificador de servidor, salud, estado de las NIC Mezzanine y alimentación del sistema.
- Esta infraestructura de cómputo es compatible con la plataforma de inteligencia artificial en la nube puesta a disposición por el fabricante. En dicha plataforma se recogerán y analizarán los parámetros de otros sistemas del mismo tipo instalados por el fabricante a nivel mundial. Aplicando sobre estos datos técnicas de inteligencia artificial, realizará un análisis predictivo que permita emitir alertas y recomendaciones sobre la infraestructura de cómputo, anticipándose así a los problemas.

Para este pliego, por lo tanto, habrá que suministrar **dos (2) chasis** Gen12 con las características previamente descritas y en uno de los chasis se incluirán **cuatro (4) módulos de cómputo**, o equivalentes compatibles con los chasis y elementos ya instalados en Metro, con las siguientes características:

- Dos (2) procesadores de arquitectura x86, cada uno con 32 núcleos, compatibles con la familia Intel Xeon de alto rendimiento, con frecuencia nominal mínima de 2,5 GHz y un consumo térmico aproximado de 250 W por procesador.
- Memoria principal total de 512 GB, basada en tecnología DDR5, distribuida en ocho (8) módulos de 64 GB, con velocidad efectiva mínima de 5600 MT/s.
- Una (1) tarjeta CNA (Converged Network Adapter) en formato mezzanine, con dos puertos de red de 25/50 Gb/s, capaz de definir al menos ocho (8) funciones físicas (Physical Functions), de las cuales al menos una deberá permitir la gestión de tráfico Fibre Channel (FC).

10.1.2 Equipamiento de almacenamiento

En el CPD Global, METRO dispone de una **cabina de almacenamiento HPE Alletra** encargada de suministrar los discos necesarios por los servidores Synergy, proporcionando entre otras, la funcionalidad de disponer de “boot from SAN” necesaria en cualquier despliegue del entorno de la explotación ferroviaria. Las características de esta cabina son:

- Modelo HPE Alletra
- Esta cabina dispone de cuatro (4) nodos de controladores activos-activos.
- Controladoras de acceso simétrico.
- Tipo de almacenamiento All-Flash, con las siguientes características:
 - 8 discos del tipo HPE Alletra STG MP 7.68 TB NVMe FE SSD
- Diseño sin punto único de fallo.
- Disponibilidad del 100% garantizada.
- Espacio “spare” distribuido entre todos los discos disponibles.
- Soporte para deduplicación “al vuelo”.
- Soporte para compresión “al vuelo”.
- Soporte para replicación síncrona y asíncrona.
- Soporte para snapshots integrados con Oracle, SQL Server, VMware y SAP HANA.
- Soporte para ANSI T10 PI end-to-end.
- Soporte para Calidad de Servicio (QoS).
- Integración nativa y certificada con HPE InfoSight, que predice y previene problemas antes de que ocurran.
- Licenciamiento ilimitado en todas las funcionalidades soportadas por la cabina.

Se deberá suministrar, en cada una de las cabinas, una expansión compuesta por cuatro (4) unidades de almacenamiento con las siguientes características técnicas mínimas:

- Capacidad individual de 7,68 TB por unidad.
- Interfaz NVMe, optimizada para sistemas de almacenamiento de alto rendimiento.
- Uso en entorno Enterprise (Front-End), apto para operaciones intensivas de lectura y escritura.
- Tecnología SSD NVMe de clase empresarial, compatible con arquitecturas de cabina all-flash de misión crítica.

10.1.3 Equipamiento de backup

En CPD Global, METRO dispone de un **sistema de backup basado en Commvault** para los entornos de explotación. Esta plataforma de backup se ha desplegado en **HPE MSA 2060** (Modular Smart Array) que son cabinas de almacenamiento SAN, ofreciendo varias funcionalidades clave para proteger los datos:

- Snapshots virtualizados

- Permiten capturar el estado de los datos en un momento específico.
 - Son útiles para restauraciones rápidas ante errores humanos o corrupción de datos.
 - No requieren software adicional.
- Replicación remota
 - Disponible a través de Fibre Channel (FC) o iSCSI.
 - Permite replicar datos a otra cabina MSA en una ubicación remota.
 - Ideal para recuperación ante desastres.
- Compatibilidad con software de backup de terceros
 - Se integra fácilmente con soluciones como Commvault.
 - Permite realizar copias de seguridad completas, incrementales y diferenciales.
- Cifrado de datos
 - Soporte para discos autocifrados (SED).
 - Gestión de claves local para proteger los datos en reposo.
- Automatización y gestión simplificada
 - La interfaz web y RESTful API permiten programar tareas de backup y replicación.
 - El motor de tiering automático asegura que los datos más activos estén en los medios más rápidos, lo que también mejora los tiempos de recuperación.

De acuerdo con la descripción previa, se establece en el presente pliego la necesidad de suministrar los siguientes elementos para el entorno de respaldo y copia de seguridad (backup):

- Ampliación de almacenamiento consistente en cuatro (4) unidades de disco para la cabina de backup ubicada en el CPD Global de METRO, con las siguientes características mínimas:
 - Capacidad individual de 8 TB.
 - Interfaz SAS de 12 Gb/s.
 - Tipo Midline, adecuado para cargas de trabajo de backup.
 - Velocidad de giro de 7.200 rpm.
 - Formato LFF de 3,5 pulgadas.
- Ocho (8) licencias de software de backup y recuperación, para la protección de sistemas físicos (no virtualizados) y servidores de archivos, con modelo de licenciamiento basado en capacidad (TB) por front-end, incluyendo funcionalidades completas de copia, restauración y gestión centralizada.

10.2 ARQUITECTURA SOFTWARE BASE

La **arquitectura de SUSE Rancher** está diseñada para facilitar la gestión centralizada de múltiples **clústeres de contenedores (Kubernetes)**, ya sea en entornos on-premises, en la nube o en el edge. Rancher actúa como una plataforma de gestión de Kubernetes de nivel empresarial, proporcionando herramientas para la operación, seguridad y administración de contenedores a gran escala.

Arquitectura de SUSE Rancher, se compone de los siguientes elementos:

1. Rancher Server: es el núcleo de la plataforma. Se ejecuta como un conjunto de contenedores en un clúster de Kubernetes y proporciona:
 - a. Interfaz de usuario (UI) y API REST para la gestión de clústeres.
 - b. Control de acceso basado en roles (RBAC).
 - c. Gestión de usuarios, políticas de seguridad y autenticación.
 - d. Orquestación de clústeres y aplicaciones.
2. Clústeres Downstream: son los clústeres de Kubernetes que Rancher gestiona. Pueden ser:
 - a. Importados (ya existentes).
 - b. Provisionados directamente desde Rancher (en nubes públicas, bare-metal, etc.).
 - c. Edge o híbridos, incluyendo dispositivos IoT.

Rancher se comunica con estos clústeres mediante agentes que se instalan automáticamente.

3. Rancher Agents
 - a. Se ejecutan en cada clúster downstream.
 - b. Facilitan la comunicación segura entre el servidor Rancher y los clústeres gestionados.
 - c. Permiten aplicar políticas, desplegar workloads y recolectar métricas.
4. Servicios Integrados: Rancher incluye herramientas listas para usar:
 - a. Prometheus y Grafana para monitoreo.
 - b. Istio para malla de servicios.
 - c. Longhorn para almacenamiento persistente.
 - d. Fleet para despliegue continuo de aplicaciones a escala.
5. Alta disponibilidad (HA)
 - a. Rancher puede desplegarse en modo HA sobre un clúster Kubernetes con balanceadores de carga y almacenamiento compartido.
 - b. Soporta actualizaciones sin interrupciones y recuperación ante fallos.

Con esta descripción previa, se indica la necesidad en este pliego de proveer de los siguientes elementos para desplegar la arquitectura de contenedores para tres (3) años.

Descripción de Producto	sockets	Suscripciones
SUSE Rancher Prime, 1-2 Sockets, Up to 64 Cores, Priority Subscription, 3 Year 24x7	16	8
SUSE Linux Enterprise Server W suma LC management PRIORITY 3 year 24X7	16	8

10.3 ARQUITECTURA PLATAFORMA BUS DE SERVICIOS EMPRESARIALES

Para desplegar MuleSoft sobre SUSE Rancher, es necesario cumplir con ciertos requisitos tanto a nivel de infraestructura como de configuración de Kubernetes. MuleSoft utiliza Anypoint Runtime Fabric (RTF) para ejecutarse en entornos Kubernetes, y Rancher puede gestionar estos clústeres de forma centralizada.

Los requisitos mínimos para desplegar MuleSoft en SUSE Rancher, y cuyos trabajos deberá realizar el contratista, serán los siguientes:

1. Infraestructura Kubernetes (gestionada por Rancher)
 - a. Versión de Kubernetes: el contratista deberá verificar que la versión de SUSE Rancher Kubernetes Engine sea compatible con las versiones soportadas por MuleSoft RTF en su última versión estable (por ejemplo, 2.10).
 - b. Nodos: Para garantizar la alta disponibilidad (HA) del entorno, será necesario un mínimo de 3 nodos worker y 3 nodos etcd/control plane.
2. Configuración de Rancher
 - a. Rancher será desplegado en modo High Availability (HA).
 - b. El clúster donde se desplegará MuleSoft debe estar registrado o aprovisionado desde Rancher.
 - c. Se deben habilitar los ingress controllers (como NGINX o Traefik) y el monitoring stack (Grafana) para disponer de observabilidad. En este punto, el contratista deberá integrar la solución propuesta en este pliego dentro del servidor de logs de METRO para la explotación ferroviaria, así como los trabajos necesarios para generar el dashboard en Grafana para la observabilidad del entorno.
3. Requisitos de MuleSoft Runtime Fabric (RTF)
 - a. Permisos de Kubernetes: RTF requiere permisos de administrador de clúster para crear CRDs, namespaces, roles, etc.
 - b. Custom Resource Definitions (CRDs): MuleSoft instala recursos personalizados para gestionar sus aplicaciones.
 - c. Configuración de red:
 - i. Soporte para LoadBalancer o NodePort para exponer servicios.
 - ii. DNS interno funcional.
 - d. Almacenamiento persistente: Integración con un proveedor CSI, en nuestro caso deberá integrarse con las cabinas descritas en el presente pliego.
4. Seguridad y acceso
 - a. Integración con certificados TLS para asegurar las comunicaciones.
 - b. Configuración de RBAC para limitar el acceso a los recursos de MuleSoft.
 - c. Integración con el Directorio Activo Windows Server 2019 de la explotación de METRO mediante SAML para autenticación empresarial.

La plataforma Mulesoft desplegada por el Contratista debe ser capaz de incorporar los conectores provenientes de los aplicativos señalización ferroviaria, video, información al viajero, puertas de andén, control de estaciones, trenes y sistemas corporativos para desarrollar los casos de uso para el asistente operativo LAR.

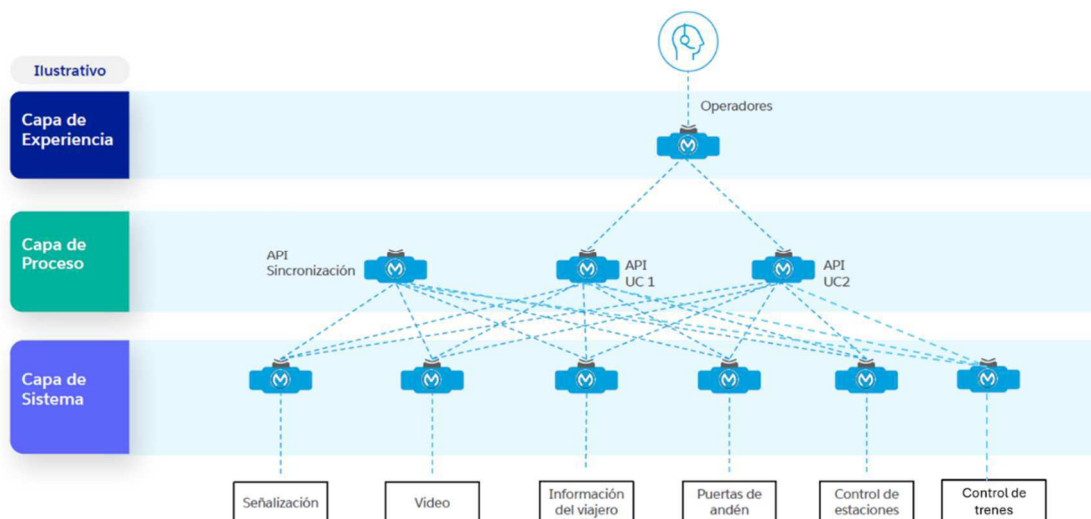


Figura 3 Integración de API en Mulesoft

Para poder estimar el tamaño de la plataforma Mulesoft en los primeros años, se ha tomado la siguiente tabla como referencia aproximada de las señales que podríamos recibir por cada una de las API de entradas, estimando un pequeño margen de error del 10-15%, al no disponer del dato final concreto.

API	TPS (tramas por segundo)	Año	Cores
1 (Señalización)	800	1	2
2 (Video)	200	1	1
3 (Información al viajero)	200	2	1
4 (Puertas de andén)	200	3	1
5 (Control de estaciones)	200	4	1
6 (Control de trenes)	200	2	1

7 (Sync)	N/A	1	1
8 (UC1)	N/A	1	1
9 (UC2)	N/A	1	1
10 (Operadores)	N/A	1	1
Total			7 (+2 +1 +1) = 11* En HA, 14 (+4 +2 +2) = 22

*Escenario estimado contando con orquestaciones simples, sin lógica de transformación y tamaño de petición menor a 100KB.

Figura 4 Tabla cálculo aproximado de tramas vs core

Se solicita para el primer año una solución de Mulesoft RTF y Control Plane cloud, con una suscripción MuleSoft - Anypoint Platform Base Subscription - Platinum Edition para 2 cores de producción y 4 cores de entornos no productivos. Las licencias suministradas dispondrán de, al menos, las siguientes funcionalidades y capacidades:

- **Anypoint Design Center:** entorno de desarrollo integrado de MuleSoft que permite diseñar APIs RESTful mediante RAML u OpenAPI, y construir flujos de integración usando MuleSoft Flow Designer o Anypoint Studio. Debe incluir, al menos, las herramientas API Designer, para definir especificaciones usando RAML u OpenAPI, y Flow Designer para facilitar la construcción de flujos de integración sin necesidad de programación compleja.
- **Anypoint Exchange:** repositorio central donde se publican y comparten activos reutilizables como APIs, conectores, plantillas y ejemplos.
- **API Manager:** herramienta para la gestión completa del ciclo de vida de las APIs. Debe permitir aplicar políticas de seguridad (como autenticación y autorización), controlar el acceso, establecer límites de consumo, versionado y monitorear el rendimiento. También debe permitir la implementación de políticas sin necesidad de modificar el código de la API, integrado con OAuth, JWT y otros estándares de autenticación.
- **Anypoint Runtime Manager:** consola de administración para desplegar, gestionar y monitorear aplicaciones Mule en diferentes entornos. Debe permitir visibilidad en tiempo real del estado de las aplicaciones, métricas de rendimiento, alertas y herramientas para escalar recursos. Además, debe permitir gestionar clusters, balanceo de carga y alta disponibilidad, asegurando la estabilidad de las integraciones.

- **DataWeave:** lenguaje de transformación de datos propio de MuleSoft para convertir y mapear datos entre múltiples formatos, al menos JSON, XML, CSV y Java.

10.4 LICENCIAS DE SOFTWARE

Todas las Licencias suministradas por la empresa Contratistas serán propiedad Metro desde el primer día y estarán dadas de alta en los portales de gestión de licencias de los correspondientes fabricantes.

La empresa contratista suministrará cuantas licencias sean necesarias para cumplir con todos los requisitos establecidos en el presente pliego.

Todos los mantenimientos de las licencias comenzarán el día siguiente a la firma del acta de recepción. Y tendrán una duración de 3 años.

10.5 SOPORTE ARQUITECTURA HARDWARE

Para poder garantizar la completa integridad de los equipos y su correcto funcionamiento en toda la vida del proyecto, así como durante la garantía a la finalización del proyecto, se debe incluir soporte del servicio Datacenter Care por una duración de TRES (3) AÑOS, comenzando en la recepción de los equipos en las instalaciones de Metro de Madrid.

10.5.1 Equipo de cuenta asignado

El equipo de soporte asignado conocerá el entorno objeto de esta propuesta y mantendrá las características del mismo, asesorando al personal técnico de METRO sobre la operativa y el mantenimiento de la infraestructura IT.

El equipo de soporte asignado estará disponible, para realizar los servicios proactivos, de lunes a domingo las 24 horas del día.

Se garantizará la calidad de los servicios suministrados:

- Preparará y mantendrá actualizado el plan de soporte
- Dirigirá las revisiones técnicas
- Supervisará el trabajo del resto del equipo
- Gestionará los recursos adicionales que pudieran necesitarse para responder a los servicios o asesorías técnicas que se acuerden realizar con cargo al contrato.

Se gestionará la entrega y calidad de los servicios proactivos remotos:

- Actuar como principal interlocutor técnico en el centro de excelencia remoto
- Gestionar y entregar los informes y servicios proactivos
- Conjuntamente con el ASM, dar consejo operacional y técnico a Metro de Madrid sobre su entorno

- Análisis de los casos reportados y preparación de informes de incidencias críticas
- Establecer, mantener y formar al resto del equipo sobre el entorno de Metro de Madrid para facilitar la máxima agilidad y eficacia en el diagnóstico y gestión de incidencias que pudieran producirse.

Se realizarán las tareas de soporte relativas a la configuración hardware.

El Técnico Hardware realizará las siguientes funciones en coordinación con el ASM:

- Principal interlocutor para llevar a cabo las tareas de instalación y reparación hardware.
- Realizar los servicios preventivos y asistencias técnicas conforme al plan de soporte establecido.
- Asistir a las reuniones de seguimiento del servicio cuando sea necesario.
- Proporcionar asesoramiento técnico sobre el entorno objeto de la propuesta.
- Colaborar en las gestiones de cambio que se realicen en el entorno.

Se realizarán las tareas de soporte relativas a la configuración Software de la plataforma.

Se asignará un Equipo Remoto que tenga conocimiento y documentación del entorno de METRO.

10.5.2 Seguimiento del servicio y proactividad

Se llevarán a cabo sesiones trimestrales de revisión y planificación del soporte con el interlocutor designado por METRO DE MADRID.

Durante las sesiones de revisión, se ofrecerá asesoramiento operativo y técnico relacionado con las necesidades operacionales y los proyectos actuales y futuros de METRO.

Se realizarán actas de las revisiones de soporte que serán distribuidas a todos los asistentes y a los responsables del servicio.

De forma anual, se revisarán las versiones de firmware y actualizaciones de software relativas a los equipos objeto de este servicio de forma remota.

10.5.3 Servicios de soporte reactivo

Este servicio incluirá:

- Punto único de contacto para la apertura de incidencias sobre todos los elementos de la solución
- Soporte en Castellano
- Atención prioritaria para agilizar los procesos de diagnóstico y resolución con acceso prioritario a los expertos técnicos
- Elevación por prioridad y gestión de caso crítico

- Diagnóstico, aislamiento y resolución de problemas complejos
- Seguimiento del caso hasta su completa resolución por el mismo técnico especialista
- Gestión de escalado prioritario en caso de incidencias críticas que deberán ser atendidas en menos de 30 minutos
- Acceso al centro de soporte vía telefónica, internet y automática a través de herramientas de soporte remoto y monitorización
- Se proporcionar acceso a un portal de información personalizada sobre los equipos que incluya:
 - Visibilidad instantánea y segura de cualquier alerta que se produzca en la infraestructura
 - Gestión del inventario de activos
 - Monitorización remota 24x7
 - Apertura y seguimiento automático de las incidencias
- METRO podrá realizar un número ilimitado de accesos al servicio soporte reactivo para los productos de hardware indicados en esta propuesta.
- Asistencia hardware in-situ para aquellos problemas técnicos de hardware que no se puedan resolver de modo remoto, un representante autorizado acudirá a las instalaciones de Metro de Madrid en el periodo establecido (ver “tiempo de respuesta in-situ HW”) con el fin de prestar asistencia técnica para el producto de hardware cubierto y reparará o sustituirá componentes o la unidad completa, según sea necesario, para restablecer el funcionamiento normal del producto.
- Soporte de software 24x7
- Actualizaciones de productos de software y documentación
- Licencia para el uso de actualizaciones de software adquiridas en esta propuesta
- Soporte Colaborativo para SW de otros fabricantes

10.5.4 Niveles de servicio

En la siguiente tabla se resumen los niveles de soporte requeridos

Contenido del servicio	Niveles de servicio
Equipo de soporte de cuenta	
Responsable técnico del servicio	SI
Especialista HW Asignado	SI
Especialista del centro de respuesta asignado	SI
Gestión del servicio	
Plan de Soporte	SI
Seguimiento del servicio	Trimestral
Informes de actividad del servicio	Trimestral
Plan de soporte proactivo	
Análisis de parches de sistema operativo	Anual
Gestión preventiva de los niveles de revisión Firmware	Anual
System Healthcheck para servidores HPE	Anual
Asesoramiento técnico y operacional	5 jornadas anuales
Especificaciones del soporte Reactivo	Nivel de servicio
Características Generales	24x7
Acceso al Support Center	SI
Acceso a la Tecnología de Soporte remoto	SI
Atención prioritaria a incidencias críticas	<30 min
Soporte reactivo HW	
Cobertura horaria	24x7
Tiempo de respuesta in-situ	4 horas
Piezas y materiales	SI

Soporte reactivo SW	
Cobertura horaria	24x7
Tiempo de respuesta remoto	2 horas
Soporte Colaborativo para SW de otros fabricantes	SI

Tabla 2 Niveles de servicio

10.6 SFP

La empresa contratista suministrará e instalará transceivers de fibra óptica con las siguientes características mínimas:

- Estos equipos serán compatibles con los codificadores de vídeo como con los switches de comunicaciones.
- La longitud de onda de la señal emitida por el diodo, así como la potencia de emisión tendrá un alcance mínimo de 500 metros y se adaptará a cada ubicación y al tipo de cable de fibra óptica instalado.

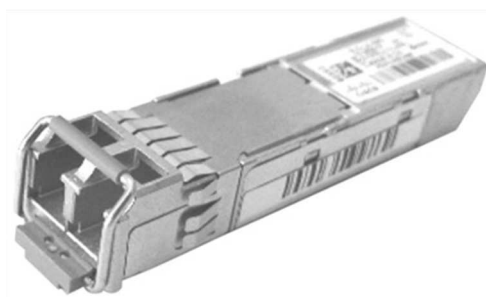


Figura 5 Imagen SFP fibra óptica

10.7 FIBRA ÓPTICA

En el CPD Global de Canillejas se instalarán las fibras ópticas necesarias homologadas por Metro de Madrid, siendo las siguientes:

“Cableado de Panduit OM4 duplex fiber patch cord with a 2.0 mm cable jacket. Low Smoke, Zero Halogen, (LSZH) rated, features LC Uniboot pull-boot connectors, and has Ultra Low insertion loss, 002 meters in length (FZ2RLU1U1NNM002”.

El contratista proveerá los cableados de fibras necesarios para la instalación del presente pliego.

10.8 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS DEL CABLEADO DE RED A INSTALAR

Se deberá proveer de todos los elementos de comunicaciones necesarios para proveer a todos los elementos ofertados en el presente pliego de conectividad y quedando plenamente

operativos para su explotación. Deberán garantizarse al menos los siguientes requisitos generales para los elementos de red:

- Cumplimiento pleno de la UNE-EN 50173-1:2011 y de la ISO/IEC 11801 2ª Ed. incluidas enmiendas 1 y 2 o equivalentes.
- La totalidad del canal de interconexión debe ser construida con elementos y dispositivos que cumplan o mejoren los requerimientos de la norma EN 50173 1 2ª edición (y de la ISO/IEC 11801 2ª Ed) o equivalentes, para soportar 10GBASE-T y garantizar el óptimo desempeño del canal. Esta información debe ser verificable en los catálogos del fabricante.
- Los conectores RJ-45 estarán fabricados con cubierta de óxido de polifenileno, clasificado como 94V-0 y estarán acabados utilizando cuerpo de conector realizado con policarbonato clasificado como “94V-0”, con un identificado de código de colores para los patrones T568A y T568B.
- El conector servirá para terminar conductores sólidos de 22 a 26 AWG.
- Deben ser elaborados por el mismo fabricante de la conectividad.
- Todos los componentes deben ser certificados Categoría 6A según la norma ISO/IEC 11801 2ª Ed. enmienda 2 o equivalente.
- El instalador deberá certificar como clase EA tanto el canal (latiguillos incluidos) como el enlace permanente según la norma ISO 11801 2ª Ed. enmiendas 1 y 2 o equivalente.
- Los latiguillos deberán tener un sistema que controle la tensión a que se someten en el proceso de instalación.
- Los latiguillos tendrán cubiertas libres de halógenos y de baja emisión de humos.
- Los latiguillos deberán ser originales de fábrica y precertificados por el fabricante como estipula UNE-EN 50173-1:2011 y la ISO/IEC 11801 2ª edición o equivalentes, deberán venir en su bolsa original de embalaje tal como salen de la fábrica.
- No se aceptarán latiguillos fabricados localmente.
- El contratista proveerá los cableados de UTP necesarios para la instalación del presente pliego.

10.9 PRESCRIPCIONES GENERALES PARA EL ETIQUETADO DE TODOS LOS ELEMENTOS

Con el objetivo de facilitar la diagnosis de futuras averías del sistema, todos los cableados se deberán rotular. Las buenas prácticas de cableado son fundamentales para cualquier CPD, mejorando la eficiencia de los equipos al poder estos refrigerarse mejor, de esta forma mejora el PUE de las instalaciones y se pueden alargar la vida útil del equipamiento IT, también sirve para evitar fallos humanos a la hora de realizar cualquier trabajo. Para la realización de los cableados de cualquier tipo (Eléctrico, FO o UTP) y siempre que se pueda realizar, seguir los siguientes pasos:

1. Medir el número y distancia de los cables que se necesitan. Tener en cuenta los casos en los que hace falta tener el cable suficiente para poder sacar un equipo hacia adelante para cambiar componentes en caliente y sin perder producción.
2. Identificar cada cable que vamos a instalar con una cinta provisional o con alguna marca temporal para a la hora de conectar los cables saber que extremo corresponde con cada uno y no incurrir en errores humanos. *Ejemplo: etiquetar numéricamente los cables "1,2,3... etc."*
3. Desenrollar los cables y quitar el vicio pueda tener de fábrica, girando uno de los extremos con mucho cuidado y sujetando el otro extremo.
4. En caso de que dos o más cables tengan un origen y destino cercano. Es recomendable hacer mazos manejables con estos cables ayudándose de velcros, ya que nos puede ahorrar tiempo de trabajo al tener que peinar el cableado solo 1 vez y no en repetidas ocasiones. **NOTA:** *En equipos patch pannel de FO, switch, leaf, spine... se debe repartir las bocas de conexionado de la zona derecha por la derecha y las bocas de conexionado de la izquierda por la zona izquierda.*
5. Una vez estén los cables instalados, se pueden pegar las etiquetas a las puntas de los cables más o menos a un palmo de distancia desde la punta, de tal forma que sea legible

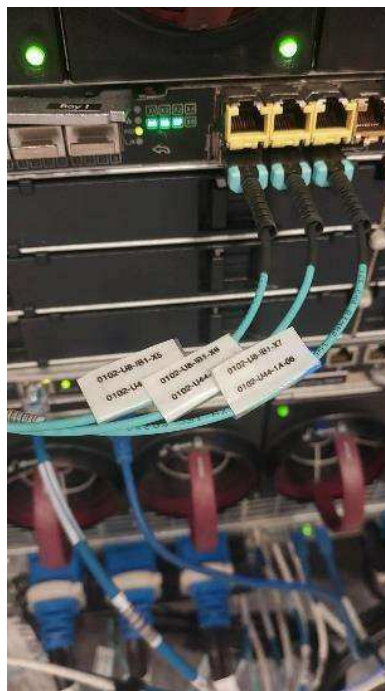


Figura 6 Ejemplo etiquetado 1

Después de estos trabajos genéricos, los cuales se deberán realizar en todos los trabajos salvo excepciones muy puntuales y autorizadas, tendremos que diferenciar cada uno de los casos de racks y conexiones que hay en cada uno de los CPD.

Por Conexión eléctrica

Al tener tan poco espacio, es indispensable hacer un uso eficiente del mismo para evitar marañas de cables inmanejables y llegar a producir un fallo importante por un error humano, por eso es importante que:

- Alimentación de los equipos este perfectamente etiquetada en ambos extremos de una forma que sea legible a una primera vista.
- Usar dos colores de cables para diferenciar cada una de las ramas (AZUL para la rama eléctrica “A” y NEGRO para la rama eléctrica “B”)
- Usar siempre que se pueda, cables de alimentación con retenedores en ambos terminales, esto ayuda a evitar las desconexiones indeseadas.
- Con la ayuda de velcros, dejar los cables de alimentación en la misma U en la cual están las FA del equipo instalado, de esta forma se consigue una rápida localización de los cables y se evitan posibles cruzamientos.
- Hacer una pequeña coca del cable de alimentación sobrante con un poco de velcro en una zona que no moleste y cercana a los equipos.
- Evitar todos los posibles cruzamientos.
- Siempre que sea posible, se recomienda utilizar un solo lado de la parte trasera del rack para el macedado de cables eléctricos, de preferencia el derecho ya que la mayoría de los equipos tienen la FA a este lado, y reservaremos el lado izquierdo para cableado de comunicaciones, aunque hay casos que esto no podrá ser viable.

Conexión eléctrica CPD GLOBAL:

Las PDUs del CPD global se encuentran en la parte trasera de los racks, en la zona derecha, siendo la PDU más interna la conectada a la rama eléctrica “A”, y la PDU más cercana a la puerta del rack la PDU de la rama eléctrica “B”. Sabiendo esto, todas las alimentaciones de los equipos IT partirán desde esta zona hacia las FA de los quipos, por lo tanto, esta zona derecha del rack será exclusiva de cables de alimentación salvo alguna pequeña excepción.

Por conexión de FO/UTP:

Al tener tan poco espacio, es indispensable hacer un uso eficiente del mismo para evitar marañas de cables inmanejables y llegar a producir un fallo importante por un error humano, por eso es importante que:

- El cableado de comunicaciones este perfectamente etiquetado en ambos extremos de una forma que sea legible a una primera vista.
- Cuando se realice cableado horizontal, utilizar el camino más corto y lógico.
- Usar siempre que se pueda, cables de bajas pérdidas y adecuado para el trabajo.

- Con la ayuda de velcros, dejar los cables de comunicaciones en la misma U en la cual están las conexiones del equipo instalado, de esta forma se consigue una rápida localización de los cables y se evitan posibles cruzamientos.
- Hacer una pequeña coca del cable de comunicaciones sobrante en una zona que no moleste y cercana a los equipos.
- Evitar todos los posibles cruzamientos.
- Siempre que sea posible, se recomienda utilizar un solo lado de la parte trasera del rack para el macedado de cables de comunicación, de preferencia el lado izquierdo ya que en la parte derecha tendrá prioridad los cableados de alimentación eléctrica, aunque esto no siempre se podrá llevar a cabo, sobre todo cuando tengamos que usar patch pannels de FO.
- Cuando el rack tenga pasahilos, y sea necesario su uso para cruzar de un lado del rack a otro, se deberá usar. Ejemplo de un uso desde la parte izquierda de la U39 hasta la parte derecha de la U34



Figura 7 Ejemplo etiquetado 2

- Cuando se tenga que conectar un cable a un SWITCH, SPINE, LEAF... etc. y se tenga instalado un cepillo o algo similar, se deberá usar este para un correcto peinado de los cables.



Figura 8 Ejemplo etiquetado 3

- Cuando se tenga que conectar un cable a un SWITCH, SPINE, LEAF... etc., y no se tenga instalado un cepillo o algo similar, se deberá conectar el cable desde el lado más cercano al puerto.
- Cuando se tenga un patch pannel de FO tipo cassetts, los cuales si están conectados a un cassetts impar (parte izquierda) deberá usarse la zona izquierda del rack y si el cassetts es par (parte derecha) deberá usarse la zona derecha del rack. De esta forma evitamos cruzarnos en el patch panel de FO y evitar posibles cortes y aplastamientos en la FO.



Figura 9 Ejemplo etiquetado 4

Luego de estos pasos, hay que entender que cada CPD es diferente, y, por tanto, las necesidades de estos también lo serán. Aunque la tendencia es a unificar las necesidades, los siguientes

puntos describen brevemente las diferencias que nos podemos encontrar en cada uno de los principales CPD.

Conexión FO/UTP CPD GLOBAL:

En CPD GLOBAL, las conexiones de comunicaciones dependerán del tipo de rack. Habiendo 3 tipos principales, MDA/HDA/EDA, y, otro tipo de cableado horizontal.

- MDA. Main Distribution Area, son los armarios que se encuentran en la zona de los armarios de la sala de comunicaciones. Los armarios de esta zona tienen las conexiones de comunicaciones por la parte delantera del rack, lo cual hace que el cableado pueda diferenciarse fácilmente del cableado eléctrico, aunque son racks con mucho volumen de cableado por la importancia que tienen, por lo cual es fundamental tener un maceado limpio, etiquetado claro y evitar cruzamientos con otros cables para posibles desconexiones indeseadas.
- HDA. Horizontal Distribution Area. Son los armarios de final de fila de los pasillos, estos armarios sirven de puente entre los MDA y los EDA. Las conexiones de comunicaciones se realizan por la parte delantera del rack, lo cual hace que el cableado pueda diferenciarse fácilmente del cableado eléctrico, siendo fundamental la correcta conexión de los cables. Todos los HDA poseen un pasahilos para poder cruzar de un lado del armario al otro, llevando al mínimo los cruzamientos en la zona de conexionado.
- EDA. Equipment Distribution Area. Son los armarios con el equipamiento IT, dada la naturaleza de los equipos IT, las conexiones pueden ser muy variadas, pero principalmente serán por la parte trasera del rack.
 - Se debe usar cableado UTP de color azul para las bocas de los puertos 1 al 12 y cableado de color blanco para los puertos 13 al 24, y todos los cables UTP se deberán bajar por la izquierda de la parte trasera del rack para dejar libre la parte derecha para los cables de alimentación eléctrica.
 - Se debe usar cableado FO de OM4 de ultras bajas perdidas de Panduit, los cuales si están conectados a un cassets impar (parte izquierda) deberá bajar hacia el equipo por la zona izquierda de la parte trasera del rack y si el cassets es par (parte derecha) deberá bajar hacia el equipo por la zona derecha de la parte trasera del rack. De esta forma evitamos cruzarnos en el patch panel de FO y evitar posibles cortes y aplastamientos en la FO.
- Cableado horizontal. En algunos casos, hay que conectar armarios entre si los cuales no tienes cableado horizontal, en estos casos hay que utilizar las bandejas situadas encima de los racks, habiendo 3 niveles de bandejas y con un propósito claro cada una de ellas, utilizando la bandeja más apropiada para el trabajo a realizar.
 - 1er nivel: Bandeja exclusiva para cableado de obra, dada la altura a la que se encuentra y naturaleza de esta bandeja, no utilizaremos esta bandeja para cableado horizontal.

- 2do nivel: Bandeja plástica amarilla, exclusiva para cableado de fibra óptica, todas las fibras ópticas que se tengan que conectar entre armarios deberán hacerse a través de esta bandeja, siendo obligatorio el uso de las “trompetas” a la hora de subir/bajar el cable desde la bandeja hasta el armario.
- 3er nivel: Bandeja para cableado horizontal, para cableado horizontal de UTP se deberá usar esta bandeja.

10.10 FORMACIÓN

METRO cuenta con diversos colectivos de agentes que de una manera u otra utilizarán la ESB como herramienta para desarrollar su trabajo. Estos colectivos se podrían agrupar en los siguientes perfiles:

- Administradores de la plataforma.
- Técnicos del sistema y desarrolladores.
- Operadores del sistemas y mantenimiento.

Se debe realizar la prestación del servicio de formación especializada en la plataforma de integración MuleSoft Anypoint Platform, orientada a dos perfiles clave: operador y administrador. La formación será impartida por instructores certificados y cubrirá tanto aspectos teóricos como prácticos.

Curso de Operador de MuleSoft Anypoint Platform (12 personas por curso)

Duración: mínimo 24 horas, repartidos en horario acordado por la dirección de servicio de Metro de Madrid.

Modalidad: Virtual en vivo

Contenido:

- Introducción a MuleSoft y arquitectura de Anypoint Platform
- Gestión de despliegues y entornos
- Uso de Anypoint Runtime Manager
- Supervisión de APIs y aplicaciones
- Gestión de logs, alertas y métricas
- Buenas prácticas operativas

Curso de Administrador de MuleSoft Anypoint Platform (12 personas por curso)

Duración: mínimo 56 horas, repartidos en horario acordado por la dirección de servicio de Metro de Madrid.

Modalidad: Virtual en vivo

Contenido:

- Arquitectura avanzada de MuleSoft
- Configuración de VPCs, VPNs y control de acceso
- Gestión de usuarios y permisos (Anypoint Access Management)
- Seguridad y políticas de API
- Integración con sistemas externos (LDAP, SSO)
- Backup, recuperación y mantenimiento

Para todos los cursos se incluirá:

- Agenda de temario, proporcionado al menos con dos semanas previas al curso para ser validado por la dirección de servicio de METRO
- Material didáctico en formato digital
- Acceso a entornos de práctica

Objetivo: Capacitar al personal técnico en la operación y administración eficiente de la plataforma MuleSoft Anypoint, asegurando el correcto funcionamiento, seguridad y escalabilidad de las integraciones empresariales.

Todos los cursos de formación cumplirán con los siguientes requisitos mínimos:

- El contenido y la duración de cada formación se realizará de común acuerdo con el Responsable de Contrato de METRO.
- Esta formación la impartirá personal especializado en la plataforma desplegada y que sea conocedora de todas las integraciones y tareas de personalización realizadas para METRO.
- La formación se impartirá en las instalaciones de METRO. Estas instalaciones estarán dotadas de todos los elementos necesarios para impartir la formación.
- El Contratista impartirá los cursos de formación durante dos (2) turnos de trabajo de los tres (3) existentes en METRO (mañana y tarde). Siendo al menos 2 para administradores y 3 para operadores.
- El Contratista preparará y entregará a METRO, en formato electrónico, todo el material (presentaciones, manuales, documentación para los alumnos, etc.) de manera previa al inicio de los cursos.

11. GARANTÍA

11.1 OBJETO

La garantía es la obligación de la empresa Adjudicataria de corregir defectos de las instalaciones objeto del presente proyecto durante un periodo determinado, y será aplicada sobre la totalidad

de las mismas, independientemente de que sean de la propia fabricación del Adjudicatario, o bien, subcontratadas a terceros por el mismo.

11.2 PLAZO

El plazo de la garantía será de **DOS (2) AÑOS**, salvo que el adjudicatario haya ofertado un plazo de garantía mayor, y comenzará a contar desde que se haga efectiva la Recepción de las instalaciones.

11.3 ALCANCE

Esta garantía incluirá la solución de cualquier problema que surja derivado de las actuaciones llevadas a cabo dentro del alcance de este PPT.

11.3.1 Derechos

Durante el periodo de garantía, METRO tendrá derecho a:

- La reparación totalmente gratuita por el Adjudicatario, de los vicios o defectos que se manifestasen durante el uso normal de las instalaciones, debiendo el Adjudicatario asumir todos los costes directos de tal reparación, incluyendo los costes de materiales, mano de obra, recogida y entrega, embalaje y envío, programación y configuración.
- En el caso de que, a criterio del Adjudicatario, la reparación no fuese posible, y las instalaciones objeto de la garantía no presentasen las condiciones óptimas, METRO tendrá derecho a la sustitución de elementos defectuosos por otros de características idénticas o superiores, incluyendo los costes de instalación, configuración y parametrización para su puesta en explotación.

11.3.2 Obligaciones

El Adjudicatario estará sujeto a las siguientes obligaciones:

- Entregar la información de cada una de las actuaciones realizadas con el grado de detalle indicado por METRO, en el soporte y formato facilitado por la misma. Estará obligado, si así se requiriese, a la explotación del sistema de gestión de Mantenimiento de METRO, registrando en éste toda la información técnica y operativa relativa a las instalaciones y a todas las incidencias y acciones realizadas.
- Llevar a cabo la investigación, análisis y determinación de actuaciones, para la resolución de problemas repetitivos en las instalaciones.
- Aclarar a METRO cualquier duda que surgiese sobre la documentación técnica y/o sobre los elementos bajo el alcance de la garantía.

- Indicar a METRO las mejoras que se pudiesen plantear en los procesos de mantenimiento y/o de uso de los equipos suministrados por el Adjudicatario; así como informar a METRO de cualquier uso y/o mantenimiento indebido que fuesen detectados y que pudiesen dar lugar a exclusiones a la garantía detalladas en un apartado posterior.
- Cumplir con los niveles de servicio detallados en este PPT.
- Disponer de un stock de repuestos a consensuar con METRO, para dar respuesta inmediata a las incidencias de carácter crítico para la normal explotación del sistema, sin que bajo ningún pretexto pueda utilizar elementos de otros equipos ya entregados a la Propiedad, salvo expresa autorización de la misma.
- Almacenar, guardar, custodiar y controlar los materiales para atender a la garantía. Asimismo, la organización y buen orden de los mismos será tal que aseguren su conservación, funcionalidad, localización e inmediata utilización.
- Disponer de las herramientas e instrumentación necesarias.

11.3.3 Procedimiento

Ante una incidencia motivada por defecto en los alcances cubiertos por la garantía, los pasos a seguir serían los siguientes:

- La localización de la pieza averiada y sustitución de la misma por otro repuesto libre de defectos (correctivo de primer nivel) será realizada por el Adjudicatario. Si bien la atención de primer nivel será por la organización de mantenimiento de METRO, ésta podrá solicitar, para dicho mantenimiento correctivo de primer nivel, el apoyo técnico y asistencia in situ por el Adjudicatario.
- Una vez el Adjudicatario haya restablecido el servicio y desmontado los elementos que haya encontrado defectuosos, METRO informará de los elementos que considere deban ser cubiertas por la garantía. Dichos elementos estarán a disposición del Adjudicatario responsable de la garantía en el lugar que determine la Propiedad o la empresa que esta designe para la realización de las tareas de mantenimiento, siendo total responsabilidad del Adjudicatario los costes de transporte que se puedan producir en el transcurso de reparación. El tiempo de respuesta de la reparación incluirá el tiempo que el Adjudicatario emplee para determinar si dicha reparación está cubierta por la garantía.

11.4 NIVELES DE SERVICIO

La calidad de la prestación de servicio recibida durante el periodo de garantía quedará determinada mediante el parámetro definido como tiempo de reparación, que es el tiempo transcurrido desde que el elemento defectuoso es recepcionado por el Adjudicatario hasta que

el elemento reparado (o bien otro de características idénticas o superiores) es entregado en el lugar determinado por la Propiedad.

En función del grado de repercusión que tenga cada incidencia sobre la normal explotación de la red, su servicio de transporte de viajeros y la seguridad de las personas y las instalaciones, la Propiedad tiene fijado un determinado grado de criticidad que implicará unos tiempos máximos de reparación.

Nivel	Criticidad	Tipo de Incidencia
1	Máxima	Incidenia catalogada de alto impacto en la explotación del servicio.
2	Media	Cualquier otra incidencia con afección al servicio no considerada de alto impacto.
3	Baja	Incidenias que no afecten al servicio.

Tabla 3: Grados de criticidad según tipo de incidencia

Cualquier incidencia motivada por defectos que el Adjudicatario considere deban ser cubiertos por la garantía originará una comunicación de la Propiedad hacia el Adjudicatario en la que el primero indicará al segundo la naturaleza de la incidencia y fijará el nivel de criticidad asignado a la misma.

Esta comunicación se realizará de vía telefónica, escrita, e-mail, SMS o fax (pudiendo estar activos uno o más tipos de comunicación y más de uno de cada tipo), debiendo estar operativo las 24 horas de todos los días del año.

Los tiempos de reparación exigidos en función de la criticidad de las incidencias se muestran en la tabla adjunta:

Nivel Criticidad	Tipo Incidencia	Tiempo reparación
1	Alto Impacto	2h
2	Normal	48h
3	No afecta al servicio	72 h

Tabla 4: Tiempos de reparación exigidos en función de la criticidad de las incidencias

11.5 EXCLUSIONES A LA GARANTÍA

Se definen las exclusiones a la garantía como aquellos daños, fallos o defectos en el funcionamiento de las instalaciones en que la necesidad de mantenimiento correctivo resulta de una o varias de las causas siguientes, no imputables al Adjudicatario:

- Razones de fuerza mayor, tales como inundaciones, incendio, vandalismo, amotinamiento, huracanes o inclemencias climatológicas extremas, etc.

- Mal uso o mala conservación por parte de METRO.

12. OBLIGATORIEDAD SUBSIDIARIA DEL CONTRATISTA ANTE LOS PERJUICIOS OCASIONADOS A TERCEROS

Con independencia de las posibles penalizaciones establecidas en el Pliego de Condiciones Particulares para la Contratación, si durante el desarrollo de los trabajos y por causas imputables al contratista se produjera un perjuicio a terceros, el contratista se hará cargo de todos los costes y penalizaciones derivados del mismo sin repercusión alguna para METRO. Esto se aplica tanto a cualquier afección que una mala ejecución de los trabajos descritas en el presente PPT pudiera ocasionar a otras instalaciones sean o no propiedad de METRO, como al perjuicio causado por el retraso en la ejecución de las mismas, que pueda suponer la pérdida parcial o total de los servicios prestados por dicha instalación a terceros. Todo ello siempre y cuando las causas sean imputables al contratista.

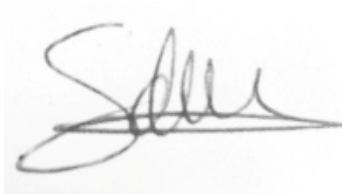
13. PLANIFICACIÓN

Teniendo en cuenta todos los trabajos descritos en el presente PPT, METRO fija un plazo para la ejecución de **cuarenta y ocho meses (48 meses)**.

El ofertante deberá entregar una planificación con detalle mensual incluyendo al menos la fase de instalación de la arquitectura, la implementación de la ciberseguridad y la puesta en servicio de los casos de uso con todas sus fases.

14. RESUMEN DE PRESUPUESTOS

CAPÍTULO	TÍTULO	IMPORTE
1	Hardware	611.512,00 €
2	Software base	137.760,00 €
3	Software bus de servicios empresariales	97.014,00 €
4	Ciberseguridad	9.520,00 €
5	Casos de uso a implementar	1.567.650,96 €
6	Formación	27.000,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:		2.450.456,96 €
	Gastos Generales 9%	220.541,13 €
	Beneficio Industrial 6%	147.027,42 €
BASE IMPONIBLE		2.818.025,51 €
	I.V.A 21%	519.785,36 €
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN:		3.409.810,87 €

Madrid, octubre 2025	
DIRECTOR DEL PROYECTO:	AUTOR DEL PROYECTO:
 D. Fernando Morales	 D. Fernando Galindo  D. Juan Pablo García
DIRECTOR TÉCNICO	
 D. Dionisio Izquierdo	

15. ANEXO I: CASOS DE USO

A continuación, se presenta una relación no exhaustiva ni limitante de los casos de uso a desplegar en el este proyecto. Los casos de uso que finalmente se desplieguen se determinarán durante la ejecución del proyecto siguiendo la dinámica expuesta en el apartado 8.5 de este pliego.

15.1 CASO DE USO I: CTC LIGERO

Alstom no cuenta en su línea base de producto con un CTC ligero (cliente web), esto ya se hizo patente durante el proyecto del CBTC de L1 y L6, dónde fue necesario un desarrollo a medida por parte de Alstom para conseguir esta funcionalidad (ver imagen inferior).



Figura 11 CTC ligero L1 y L6 (Cityflow 650).

Durante el desarrollo del proyecto para la automatización de L6, su producto (Urbalis Flow FLEX) está evidenciando las mismas limitaciones que presentó en su día el sistema Cityflow 650, no contando con esta herramienta.

Dado que está previsto que el bus de Alstom publique toda la información relativa a la gestión de tráfico, se abre la posibilidad de realizar estos desarrollos a medida con empresas especializadas en desarrollo web y hacerlos compatibles con dispositivos móviles.

15.2 CASO DE USO II: CLIENTE ATS CUSTOMIZADO

El producto EbiScreen del nuevo Urbalis Flow FLEX, no cuenta con una vista general y otra detallada, como contaba la versión anterior de EbiScreen.

La estrategia de Alstom en esta nueva línea de producto consiste en hacer directamente la representación de la línea en detalle, en lugar de tener una vista en detalle y una vista general.

Si bien es posible hacer más de una representación (distintos niveles de abstracción) con el producto de Alstom, no está pensado para ser usado de forma interactiva conmutando entre ambas vistas con un nivel de usabilidad aceptable.



Vista general de toda la línea
(sin cocheras)

Vista en detalle de zona
seleccionada y cocheras

Figura 11 Representación solicitada por Metro (vista general + detalle).



Figura 12 Representación ofrecida por Alstom (vista detalle + detalle).

Disponer de toda la información de los sistemas en un bus único, permite representar lo que se quiera al nivel de detalle que se desee, sin necesidad de depender tecnológicamente de ningún contratista.

15.3 CASO DE USO III: APLICACIONES DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN (CLIENTE LOCAL)

Siendo un bus de lectura/escritura, todo lo anterior es aplicable al desarrollo de utilidades de ayuda a la explotación.

No sólo son posibles aplicaciones que den soporte al operador, sino que también serían posibles aplicaciones que hiciesen gestiones logísticas de forma automatizada.

Por ejemplo, sería posible programar la limpieza automática de trenes o el envío de estos al centro de mantenimiento ante determinadas incidencias.

15.4 CASO DE USO IV: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

Este caso de uso prevé la ejecución de acciones de forma automática por parte del ATS (u otros sistemas) en función de información disponible en otros sistemas o viceversa. Esto es aplicable a todos los sistemas conectados al bus como scadas de control de tráfico ferroviario, control de energía, información al viajero, control de accesos, etc.

Se listan a continuación algunos ejemplos:

- Ante detección de incendio en una estación, el tren evitará salir de la estación anterior o, en caso de detectarlo durante el recorrido, evitará parar en dicha estación.
- En caso de acumulación excesiva de viajeros en un andén (PCGV), se evitará efectuar parada en esa estación y se continuará hasta la estación siguiente.
- En caso de fallo en cancelas, no apertura o similar, se procederá realizar el salto de estación para efectuar la parada en la siguiente.
- En caso de producirse cualquier evento de importancia para el viajero (fallo de tensión, salto de estación, encierre, etc.) la PCIV (Plataforma Centralizada de Información al Viajero) se informará al viajero mediante mensajes acústicos y textuales de forma automática.
- En caso de fallo en los sectores de tracción, el PCIV informará de forma automática al viajero y el PCGV mostrará al CLAR la cámara/s que mejor reflejen el estado de la incidencia sea en tren o andén.
- Etc.

Es muy importante valorar el impacto de los falsos positivos, los cuales podrían tener una influencia negativa en la percepción del servicio por parte del cliente.

Con este caso de uso se permitiría la extracción de datos para su análisis viabilizando el estudio estadístico de la afección de la implementación de estos casos de uso en términos reales.

Por tanto, se plantea este apartado a dos niveles:

- Creando un entorno de pruebas, para la creación por parte del usuario final de escenarios de procesamiento de datos, que le permita estudiar la afección real de posibles automatizaciones antes de llevarlas a la práctica. Esto dos niveles:
 - Con datos históricos, si los hubiese, para una primera evaluación rápida (Back testing).
 - Con datos de tiempo real, pero sin actuación real final sobre los sistemas de campo para impedir la afección al viajero en fase de pruebas.

- La posibilidad de trasladar esos casos de uso, una vez verificados empíricamente, a producción de forma ágil y sin necesidad de actuaciones de desarrollo/mantenimiento a nivel de infraestructura.

15.5 CASO DE USO V: INTEGRACIÓN CON LLM (IA)

El paso de una línea automática a una línea autónoma pasa porque parte de las actuaciones que hoy día se realizan, podrían ser realizadas de forma autónoma.

Estas pretensiones, aunque futuristas en estos momentos, deben ser estudiadas para no quedarse fuera del espectro de posibilidades que ofrece la evolución de la tecnología.

El uso de un bus universal que permita la conexión a todos los sistemas relevantes, tanto para observar su estado, como para comandarlos, así como el acceso a bases de datos históricas, posibilita la conexión de sistemas basados en LLM (Large Language Models) y actuar como asistentes inteligentes que reduzcan la carga de trabajo de los operadores.

15.6 CASO DE USO VI: INTEGRACIONES PUESTOS OPERADOR (ATS, SACE, SCADA MM, PSD...)

El ATS muestra información limitada de otros sistemas, lo que implica que el operador deba conmutar entre aplicaciones para visualizar información de interés.

Las integraciones de sistemas permiten mostrar la información necesaria de unos en los otros y viceversa, eliminando la necesidad de tener que utilizar varias aplicaciones en paralelo.

A modo de ejemplo:

- Ante avería de puertas, el ATS podrá mostrar la información pertinente del SCADA de MM o del SACE, eliminando la necesidad de que el operador conmute entre aplicaciones o necesite tener varios monitores para ver en cada uno de ellos una aplicación.
- Ante actuación de un tirador, el operador no necesitará interactuar con el PCGV o PCIV para visualizar las cámaras, sino que el sistema podrá realizarlo automáticamente o incluso se podrá visualizar la cámara sobre una extensión del ATS sin necesidad de cambiar de aplicación.
- Lo mismo ocurre con el PCIV o la interfonía, el CLAR podría actuar directamente sobre ellas desde la aplicación del ATS desde una extensión, sin necesidad de conmutar de aplicación.

15.7 CASO DE USO VII: USO DE SISTEMAS DE REGULACIÓN EXTERNOS (IVU/GIRO)

Al sistema ATS cuenta con dos subsistemas principales:

- El CTC (Centralized Traffic Control) para la supervisión y control del desplazamiento del material móvil.

- El TMS (Train Management System) para la gestión de la regulación del tráfico entre otras funciones.

En condiciones de funcionamiento normal, al ATS se hace cargo de la gestión de la línea no siendo necesario actuar sobre el mismo en exceso. Si embargo, en caso de incidencia, es decir, en condiciones anómalas, el sistema requiere de la intervención de una o varias personas para normalizar la situación y gestionar el transitorio hasta que la línea vuelva a quedar en condiciones normales.

En dichas situaciones, los operadores deben actuar sobre todos los sistemas (no solo el ATS) con el objeto de mantener el funcionamiento de la línea en las mejores condiciones posibles y mantener al viajero respaldado en todo momento.

El uso de un bus que permita interactuar con el ATS en sus dos facetas (CTC y TMS) y a la par soportar la comunicación con el resto de los sistemas de uso habitual por los operadores, permitiendo la utilización de herramientas de gestión de tráfico muy especializadas y con amplia trayectoria en el mercado, como puedan ser:

- IVU Traffic Technologies, que ofrece soluciones para el transporte público.
- HASTUS es un software de planificación y optimización de horarios para el transporte público desarrollado por GIRO.

Usos y características:

- Son soluciones para el transporte público, que incluyen planificación, despacho, gestión de flotas, sistemas de información al pasajero o integración con sistemas de venta de billetes.
- Sus soluciones diseñadas para optimizar la eficiencia y reducir costos en empresas de transporte público, ya sea en autobuses o trenes.
- Incluyen herramientas para la integración amigable con otros sistemas, facilitando el intercambio de información con terceros.

Dado que el ATS cuenta con sus propias herramientas de simulación, se podrían entrenar estos sistemas para la gestión automática de la línea ante incidencias mediante la generación de escenarios de prueba en situaciones degradadas.

Por tanto, estas herramientas podrían usarse como complemento al TMS tanto para la gestión diaria en condiciones normales. Como para la gestión de situaciones anómalas, actuando como un operador experimentado.

15.8 CASO DE USO VIII: CLIENTE INTELIGENTE DE REGULACIÓN

El Gestor Inteligente de Regulación (GIR) permitiría el uso de algoritmos inteligentes para la gestión del tráfico de forma automática.

Dichos algoritmos serían desarrollados por Metro en colaboración con empresas especializadas del sector y verificados mediante el uso de simuladores previamente a su explotación en la línea en condiciones reales.

Estos algoritmos contarían con datos de energía, información de los viajeros, estado real de la línea, etc. por lo que podrían tener en cuenta más información que la proporcionada exclusivamente por la pisada del tren.

15.9 CASO DE USO IX: CUADROS DE MANDO

De igual forma que actualmente se utilizan cuadros de mando en Power BI, ClikView u otras herramientas, con el objeto de mantener vistas estáticas del estado de la empresa, sus departamentos o proyectos, se podrían realizar vistas dinámicas con información en tiempo real de los elementos que se deseen.

Estas vistas podrán ser departamentales y/o globales, para uso por todo tipo de departamentos (ingeniería, operación, mantenimiento, ...) y contendrían la información deseada al nivel de detalle requerido, permitiendo no sólo tener datos vivos, sino también poder actual sobre la línea en base a ellos.

15.10 CASO DE USO X: INTEGRACIÓN SAP Y SERVICIOS OFIMÁTICOS

MuleSoft cuenta con todo tipo de conectores, posibilitando la integración con SAP y otros servicios ofimáticos.

Una de las necesidades es la integración entre los sistemas de explotación (OT) y los sistemas ofimáticos de soporte (IT), la creación de un bus universal que conecte ambos mundos posibilita el desarrollo de aplicaciones que reducirían la duplicidad de tareas.

15.11 CASO DE USO XI: ESPACIO DE DATOS (DRTM, GMAPS, ETC.)

Proveer acceso público y en tiempo real a información de los trenes e instalaciones de Metro de Madrid: ubicación, tiempo estimado de llegada, incidencias, etc., para que pueda ser usada por desarrolladores, apps, universidades, o empresas de movilidad.

Algunos ejemplos de casos de uso podrían ser:

- Apps de movilidad (Moovit, Google Maps, etc.).
- Estudios de movilidad urbana.
- Generación de informes.
- Integración con otras plataformas de transporte para coordinación de servicios, no solo públicos (DRTM), sino también privados (startups de movilidad o empresas más consolidadas como Uber, Free2Move, etc.).

Dicho espacio daría acceso a datos de todo tipo, tanto estáticos que serían actualizados periódicamente, como dinámicos (tiempo real o pseudoreal) y datos históricos o estadísticos. Se citan a continuación algunos a modo de ejemplo.

a) Datos estáticos:

- Líneas y estaciones.
- Horarios planificados.
- Intercambiadores y correspondencias.
- Información de accesibilidad.
- Etc.

b) Datos dinámicos / tiempo real:

- Tiempo estimado de llegada a cada estación.
- Posición actual del tren.
- Estado del servicio (retrasos, averías, interrupciones).
- Trenes en servicio por línea.
- Nivel de ocupación (si hay sensores o cámaras que lo permiten).
- Etc.

c) Datos históricos:

- coches/km.
- Consumo.
- Intervalos.
- Tablas horarias ofertadas y cumplidas.
- Etc.

El modelo de datos a utilizar podría ser cualquiera de los conocidos, decantándose por un estándar para reducir los costes de desarrollo y facilitar la integración de terceros, por ejemplo:

a) GTFS y GTFS-RT (Google Transit Feed Specification):

- GTFS para datos estáticos.
- GTFS-RT (Real-Time) para movimientos de trenes, incidencias y actualizaciones de horarios.
- Muy usado por Google Maps, Moovit, Transit App...

b) SIRI / NeTEx (como parte del estándar europeo Transmodel):

- Recomendados por la UE y ampliamente usados en transporte público (especialmente buses).
- Más complejos, pero más detallados.

c) RailML:

- Utilizado por Alstom para la integración de plataformas con el ATS e incluso entre CTC y TMS.
- Basado en XML

El acceso a los datos sería posible de distintas formas:

- API REST.
- Websockets.
- Suscripciones gRPC.
- Conexión a bus de mensajería.

Se definirían distintos tipos de nivel de acceso en función del uso, por ejemplo:

- Público sin clave (open).
- Registro con API Key.
- Limitación por cuota (rate limiting).

A nivel de infraestructura sería necesario dimensionar algunos sistemas:

- Backend: Conectado al bus y con posibilidad de acceso a datos en tiempo real de los distintos SCADAs y conexión a bases de datos o sistemas de BI cuyos datos se deseara publicar.
- Caché y rendimiento: Redis o similar, para evitar sobrecarga.
- Alta disponibilidad: Docker, Kubernetes, balanceadores.
- Seguridad: HTTPS, control de errores, auditorías

Sería necesaria una documentación apropiada del API, por ejemplo, mediante **Open API** (Swagger):

- Descripción de todos los endpoints.
- Ejemplos de uso.
- Definiciones de errores.
- Políticas de uso.

Al objeto de que distintas entidades pudiesen hacer uso de los datos, serían necesarios entornos públicos de prueba, por ejemplo, un sitio web que ofrezca:

- Descargar datos estáticos (GTFS).
- Probar llamadas a la API.
- Documentación.
- Ejemplos de casos de uso.

Sería necesario definir uno o varios formatos de licencia de acceso a datos y concretar si puede usarse comercialmente, si es necesario citar la fuente de datos, etc.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.0	Hardware			
1.1	Chasis HPE Synergy 12000 Frame HPE Synergy 12000 Frame Gen12 Las características mínimas que debe cumplir son las descritas en el apartado correspondiente del pliego de prescripciones técnicas. Se instalará en un chasis ubicado en el CPD principal (se concretará por medio de la dirección del proyecto), deberá quedar correctamente configurado y preparado para el funcionamiento inmediato. Debe incluir soporte avanzado para garantizar la completa integridad de los equipos y el correcto funcionamiento durante la vida del proyecto y durante la duración de la garantía tras la finalización de este. El soporte del servicio incluido será de tres (3) años.			
		2,00	74.840,00	149.680,00
1.2	HPE Synergy 480 Gen12 HPE Synergy 480 Gen12 con las siguientes características mínimas: 2 procesadores INTEL de 32 cores: Intel Xeon-Gold 6548Y+ 2.5GHz 32-core 250W Processor. 8 módulos de 64 GB RAM DDR5@5600MT/s, para un total de 512 GB RAM. 1 tarjeta mezzanine CNA (Converged Network Adapter) con dos puertos a 25/50GB, capaz de definir hasta 8 physical functions (al menos una de ellas debe ser capaz de gestionar tráfico FC). Debe incluir soporte avanzado para garantizar la completa integridad de los equipos y el correcto funcionamiento durante la vida del proyecto y durante la duración de la garantía tras la finalización de este. El soporte del servicio incluido será de tres (3) años.			
		4,00	43.125,00	172.500,00
1.3	Discos almacenamiento HPE Alletra MP discos certificados por HPE para el modelo de cabina Alletra, del tipo HPE Alletra STG MP 7.68 TB NVMe FE SSD. Se incluyan servicios de instalación y configuración dentro de la cabina existente en Metro de Madrid.			
		8,00	31.124,00	248.992,00
1.4	Discos backup MSA 2060 Ampliación de discos para cabina de almacenamiento HPE MSA 2060 con disco 8TB SAS 12G Midline 7.2K LFF (3.5in) M2. Se incluyan los servicios de instalación y configuración en las cabinas existentes en Metro de Madrid			
		4,00	3.105,00	12.420,00

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.5	Licenciamiento backup Commvault Adquisición de licencias de software de respaldo y recuperación de datos Commvault, integradas con infraestructura HPE, para la protección de entornos físicos y virtuales en el centro de datos corporativo. Incluye: Licencias de uso del software Commvault Integración con plataforma de backup de Metro de Madrid en el entorno de explotación Soporte técnico y actualizaciones durante el período contratado			
		8,00	3.490,00	27.920,00
TOTAL 1.0.....				611.512,00

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.0	Software base			
02.01	Suse Linux Enterprise Server			
	SUSE Linux Enterprise Server W suma LC management PRIORITY 3 year 24X7 para 16 sockets			
		8,00	6.436,00	51.488,00
2.1	Suse Rancher Prime			
	Adquisición de suscripción empresarial a SUSE Rancher Prime, solución de gestión de contenedores Kubernetes para entornos híbridos y multi-cloud, con las siguientes características: Producto: SUSE Rancher Prime – Base Subscription Cobertura: 1-2 sockets físicos por unidad de suscripción, hasta 64 núcleos Cantidad total: 4 unidades (para cubrir 8 sockets) Duración: 1 año Nivel de soporte: Priority Subscription Soporte técnico 24x7 Acceso a actualizaciones, parches y mantenimiento SLA definidos para entornos de producción Incluye: Acceso completo a la plataforma SUSE Rancher Prime, que permite: Gestión centralizada de clústeres Kubernetes (on-prem, nube pública, edge) Integración con RKE, RKE2, K3s, EKS, AKS, GKE Observabilidad, seguridad, automatización y control de acceso integrados Soporte para SUSE NeuVector, Harvester, Longhorn y SUSE Virtualization Registro privado de contenedores y gestión de políticas Uso previsto: Implementación de una plataforma empresarial de gestión de contenedores para entornos críticos, con alta disponibilidad, seguridad reforzada y soporte técnico continuo.			
		8,00	10.784,00	86.272,00
TOTAL 2.0.....				137.760,00

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.0	Software bus de servicios empresariales			
3.1	MuleSoft - Anypoint Platform Base Subscription - Platinum Edition Contratación de la suscripción base de la plataforma de integración y gestión de APIs MuleSoft Anypoint Platform, en su modalidad Gold Edition, que incluye: Tipo de suscripción: Anual (Base Subscription) Edición: Platinum Support Level Componentes incluidos: Anypoint Runtime Manager: Gestión centralizada de aplicaciones y APIs. Anypoint Design Center: Herramientas de diseño como Flow Designer, API Designer y Anypoint Studio. Anypoint Exchange: Repositorio de activos reutilizables (APIs, conectores, plantillas). DataWeave: Lenguaje de transformación de datos. Anypoint Enterprise Security: Seguridad avanzada para integraciones. Anypoint Visualizer: Visualización de dependencias y flujos de integración. API Functional Monitoring: Supervisión funcional de APIs. Object Store: Almacenamiento de objetos (limitado a 10 solicitudes por segundo). Conectores ilimitados (select y community). Entornos ilimitados de producción y preproducción. 2 VPCs de producción y 4 conexiones VPN de producción. Capacidad incluida: 2 vCores de producción 4 vCores de preproducción 4 vCores de diseño Soporte: Nivel Gold, que incluye soporte técnico empresarial con tiempos de respuesta definidos y acceso a recursos de soporte avanzados. Uso previsto: Implementación de una plataforma de integración empresarial para el diseño, despliegue, gestión y monitoreo de APIs y flujos de integración, con soporte para arquitecturas híbridas y despliegue en múltiples nubes.			
		1,00	97.014,00	97.014,00
	TOTAL 3.0.....			97.014,00

PROYECTO PARA EL DESPLIEGUE DEL ASISTENTE OPERATIVO LAR – FASE 1

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.0	Ciberseguridad			
4.1	Analisis e implantacion de medidas para cumplimiento IEC-62443 SL3			
		1,00	9.520,00	9.520,00
TOTAL 4.0.....				9.520,00

PROYECTO PARA EL DESPLIEGUE DEL ASISTENTE OPERATIVO LAR – FASE 1

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.0	Casos de uso a implementar			
5.1	Unidad de Requisitos y Análisis (URA) Unidad de requisitos y análisis cumpliendo todas las prescripciones del presente pliego y especialmente lo indicado en el apartado 8.3			
		8,00	8.497,90	67.983,20
5.2	Unidad de Diseño de la Integración (UDI) Unidad de diseño de la integración cumpliendo todas las prescripciones del presente pliego y especialmente lo indicado en el apartado 8.3			
		8,00	2.429,77	19.438,16
5.3	Unidad de Desarrollo (UDE) Unidad de desarrollo cumpliendo todas las prescripciones del presente pliego y especialmente lo indicado en el apartado 8.3			
		2.650,00	318,96	845.244,00
5.4	Unidad de Pruebas (UPR) Unidad de pruebas cumpliendo todas las prescripciones del presente pliego y especialmente lo indicado en el apartado 8.3			
		610,00	520,48	317.492,80
5.5	Unidad de Despliegue y Monitoreo (UDM) Unidad de despliegue y monitoreo cumpliendo todas las prescripciones del presente pliego y especialmente lo indicado en el apartado 8.3			
		610,00	520,48	317.492,80
TOTAL 5.0.....				1.567.650,96

PROYECTO PARA EL DESPLIEGUE DEL ASISTENTE OPERATIVO LAR – FASE 1

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
6.0	Formación			
6.1	Curso formación operadores			
		1,00	12.000,00	12.000,00
6.2	Curso formación administradores y desarrolladores			
		1,00	15.000,00	15.000,00
TOTAL 6.0.....				27.000,00
TOTAL				2.450.456,96



RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
1.0	Hardware	611.512,00	24,96
2.0	Software base.....	137.760,00	5,62
3.0	Software bus de servicios empresariales.....	97.014,00	3,96
4.0	Ciberseguridad	9.520,00	0,39
5.0	Casos de uso a implementar.....	1.567.650,96	63,97
6.0	Formación	27.000,00	1,10

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	2.450.456,96
--	---------------------

Costes Directos	2.401.447,82
------------------------	---------------------

Costes Indirectos	49.009,14
--------------------------	------------------

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de DOS MILLO-
NES CUATROCIENTOS CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS
CINCUENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

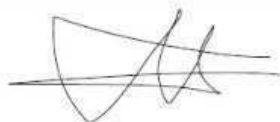
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		2.450.456,96
9,00 % Gastos generales		220.541,13
6,00 % Beneficio industrial.....		147.027,42
VALOR MÁXIMO ESTIMADO	SUMA	2.818.025,51
21% IVA		591.785,36
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		3.409.810,87

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de TRES MILLONES CUATROCIENTOS NUEVE MIL OCHOCIENTOS DIEZ EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

31 de octubre 2025.

Por METRO DE MADRID

DIRECTOR DEL PROYECTO

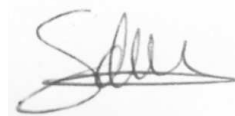


D. Fernando Morales Aguirre

AUTORES DEL PROYECTO



D. Juan Pablo García Nieto



D. Fernando Galindo García

RESPONSABLE DEL ÁREA DE INGENIERÍA DE
INSTALACIONES



D. Dionisio Izquierdo Bravo