

# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

TREN DIGITAL EN TRENES 3000 DE LÍNEA 3:  
INSTALACIÓN, PUESTA EN MARCHA, ADQUISICIÓN  
Y ANÁLISIS DE DATOS.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## CONTROL DOCUMENTAL:

<b>Elaborado:</b>	Juan Moreno García-Loygorri	
<b>Revisado:</b>	Alexandra Portales Guiraud	
<b>Aprobado:</b>	María Lorenzo Moral	
<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nº Actividad</b>
1.0	20/12/2021	IO_19-073V



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>CONDICIONES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LOS TRABAJOS A DESARROLLAR .....</b>	<b>10</b>
4.1.1	NORMAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	10
4.1.2	NORMAS DE METRO DE MADRID PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	11
4.1.3	HORARIOS Y LIMITACIONES EN LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN .....	11
<b>4.2</b>	<b>NORMATIVA DE APLICACION.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>REQUISITOS GENERALES DE LA PLATAFORMA Y PERFILES DE USUARIOS .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1</b>	<b>REQUISITOS GENERALES DE LA HERRAMIENTA .....</b>	<b>15</b>
<b>6.2</b>	<b>PERFILES DE USUARIOS .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>16</b>
<b>7.1</b>	<b>SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL EQUIPAMIENTO EMBARCADO Y DEFINICIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN COMPLETA.....</b>	<b>16</b>
7.1.1	REQUISITOS GENERALES .....	16
7.1.2	HARDWARE Y SOFTWARE EMBARCADOS .....	17
7.1.2.1.	REQUISITOS FUNCIONALES .....	17
7.1.2.2.	REQUISITOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>7.2</b>	<b>INTEGRACIÓN DEL TREN CON PLATAFORMA DEL ADJUDICATARIO Y CON LA PLATAFORMA DE METRO DE MADRID .....</b>	<b>21</b>
7.2.1	FASE 1: SOFTWARE-AS-A-SERVICE (SAAS) .....	21
7.2.2	FASE 2: MIGRACIÓN PAULATINA DEL SOFTWARE EMBARCADO Y DE LAS FUNCIONALIDADES A LA PLATAFORMA DE DATOS DE METRO.....	22
7.2.2.1.	SERVIDOR DE INTERCAMBIO .....	23

7.2.3	FASE 3: SOLUCIÓN 100% <i>ON-PREMISE</i> CON EQUIPAMIENTO EMBARCADO SIN DEPENDENCIAS DE TERCEROS.....	24
7.3	PUESTA EN SERVICIO DE LA PLATAFORMA .....	25
7.4	REDEFINICIÓN DE PROCESOS .....	25
7.5	PRUEBAS TIPO Y SERIE .....	26
7.6	DIFUSIÓN A TODA LA FLOTA.....	28
7.7	FORMACIÓN Y CESIÓN DEL CONOCIMIENTO .....	28
7.8	DOCUMENTACIÓN .....	29
7.9	INGENIERÍA DE DATOS Y NUEVOS DESARROLLOS .....	30
7.9.1	ANÁLISIS TÉCNICO FUNCIONAL CON SOPORTE DE ESPECIALISTAS .....	30
7.9.2	ESTUDIO Y DESARROLLOS PARA INCLUSIÓN DE NUEVAS VARIABLES EN LA RED TCN .....	31
7.9.3	PROTOTIPO SENSORIZACIÓN DE PANTÓGRAFO.....	31
7.9.4	PROTOTIPO SENSORIZACIÓN BOGIE.....	32
7.10	OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	32
8	GESTIÓN DEL PROYECTO.....	33
8.1	SEGUIMIENTO DEL PROYECTO .....	33
8.2	GESTIÓN DE LA SEGURIDAD. EXTERNALIZACIÓN DE LOS DATOS. AUDITORÍAS. ...	33
8.3	OBSOLESCENCIA.....	33
8.4	PLAN DE CALIDAD .....	34
8.5	SOPORTE INFORMÁTICO DE LA DOCUMENTACIÓN .....	35
8.6	PROPIEDAD INTELECTUAL E INDUSTRIAL.....	35
9	RECEPCIÓN.....	36
9.1	RECEPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO EMBARCADO .....	36
9.2	INICIO DEL SERVICIO DE LA PLATAFORMA.....	36
9.3	RECEPCIÓN FINAL.....	36
10	GARANTÍA DEL EQUIPAMIENTO EMBARCADO.....	37
10.1	OBJETO.....	37
10.2	ORIGEN Y PLAZO DE GARANTIA .....	37
10.3	OBLIGACIONES DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA.....	37



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

10.4	RATIOS DE SEGUIMIENTO DE GARANTÍA DEL EQUIPAMIENTO EMBARCADO.....	38
10.5	INCUMPLIMIENTO DE RATIOS DE SEGUIMIENTO .....	38
11	MEDICIÓN DE RENTABILIDAD Y CALIDAD DEL SERVICIO .....	38
11.1	DISPONIBILIDAD DE SERVICIO DE LA PLATAFORMA.....	38
11.1.1	INDICADORES .....	38
11.1.2	INCUMPLIMIENTO DE LOS RATIOS DE DISPONIBILIDAD DE SERVICIO .....	39
11.2	RENTABILIDAD DEL PROYECTO .....	39
11.2.1	KPI DE SEGUIMIENTO.....	39
11.2.2	INCUMPLIMIENTO DE RATIOS .....	40
12	PLANIFICACIÓN .....	40
	ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES DE MATERIAL MOVIL QUE CIRCULAN POR LÍNEA 3 ...	43
	ANEXO II: ARQUITECTURAS DE RED TCN EMBARCADA.....	46
	ANEXO III: SENSORIZACION EN EL PANTOGRAFO .....	48
	ANEXO IV: PROTOTIPO DE SENSORIZACIÓN DE BOGIE .....	50
	ANEXO V: SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CIBERSEGURIDAD. REQUISITOS DE CIBERSEGURIDAD PARA PROVEEDORES.....	57
	ANEXO VI: CASOS DE USO .....	71
1	CASO USO 1: PUPITRE DE CONDUCCION VIRTUAL (TIEMPO REAL Y MOVIOLA) .....	71
2	CASO USO 2: ESTADO DE FLOTA Y ALERTAS DE AVERIAS EN TIEMPO REAL PARA SUPERVISIÓN DE LA EXPLOTACIÓN .....	73
3	CASO USO 3: ESTADO DE FLOTA Y ALERTAS DE AVERIAS EN TIEMPO REAL PARA EL MANTENIMIENTO .....	77
4	CASO DE USO 4: TELEMETRÍA COMPLETA EN TIEMPO REAL Y EN MODO MOVIOLA .....	79
5	CASO DE USO 5: TENSIONES Y CONSUMOS.....	80
6	CASO DE USO 6: SEÑALIZACIÓN EMBARCADA .....	81
7	CASO USO 7: ESTADÍSTICAS E INFORMES.....	82
8	CASO DE USO 8: ANALÍTICAS AVANZADAS.....	85
9	CASO DE USO 9: VISTA DE VERSIONES DE PRODUCTOS SW EMBARCADOS .....	86
10	CASO DE USO 10: DESCARGA DE REGISTROS.....	87
11	CASO DE USO 11. DISPONIBILIDAD DE ENVÍO DE DATOS EN TIEMPO REAL Y MEDIDA DE COBERTURA EN LÍNEA .....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Abreviaturas y definiciones ..... 15



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea

## 1 OBJETO

El objetivo del presente Pliego de Prescripciones Técnicas (en adelante, PPT) es la definición y valoración de los requisitos funcionales, objetivos del servicio, así como de todas y cada una de las actuaciones y de cuantos trabajos sean necesarios para:

- Suministro, instalación y puesta en explotación del equipamiento embarcado del Tren Digital en los trenes de la línea 3,
- la integración del equipamiento embarcado en la infraestructura de tierra que sea necesaria para tal fin.

De esta forma, se incluye en el Pliego no sólo la implantación en toda la flota de trenes asociada a dicha línea y la Oferta de servicios tren, sino también la capacitación del personal y la redefinición y formalización de procesos en el caso que sea necesario.

El **Tren Digital** consta de toda la Oferta de servicios necesarios para posteriormente, mediante la asignación de dichos servicios al personal seleccionado, mejorar la actividad de mantenimiento, mejorar la capacidad de análisis de la División de Material Móvil para futuros diseños o re-diseños, dar soporte al control de tráfico y disponer de información en *streaming* y *batch* de forma que permita evitar y minimizar incidencias durante la explotación mejorando así la calidad del servicio y la satisfacción del cliente de Metro de Madrid.

Los objetivos del **Tren Digital** son:

- **Reducir las incidencias y perturbaciones en línea** mediante la realización de **mantenimiento predictivo** que permita detectar dichas averías antes de que se produzcan en línea.
- **Reducir el tiempo de atención de incidencias y perturbaciones en línea**, proveyendo a los operadores de herramientas que permitan **monitorizar el estado del tren en tiempo real**, ayudando a la toma de decisiones en un tiempo menor.
- **Reducir los costes de mantenimiento**, mediante la implantación de estrategias de **Mantenimiento Basado en Condición (CBM)** soportado en el conocimiento del estado real del tren a partir de la información extraída del mismo y de la información existente en otros sistemas de control. Adicionalmente, esto posibilitará mejorar los futuros diseños de equipos en la División de Material Móvil.
- De forma más amplia, poner en marcha procesos y acciones, así como modificar otros existentes, de manera que se pueda **optimizar el mantenimiento de los trenes**.
- Ofrecer **servicios a clientes internos y externos** de Metro de Madrid, ofreciendo **interfaces de integración y vistas personalizadas** que permitan a los mismos desarrollar sus competencias con mayor eficiencia.



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea

Se considerarán incluidos en el alcance del presente Pliego todos los gastos y actividades de cualquier tipo necesarias para la realización de los trabajos aquí descritos.

Tal y como se informa en este pliego, el contrato resultante de la presente licitación podrá ser cofinanciado con fondos FEDER, lo que conlleva la realización de una serie de actuaciones de divulgación. En este sentido, los **gastos de divulgación con vallas publicitarias y carteles** serán **a cargo del contratista**.

## 2 ANTECEDENTES

Metro de Madrid dispone de un parque de Material Móvil de 562 trenes (2.341 coches) repartidos en 8 series y 23 subseries, existiendo una importante heterogeneidad tecnológica entre los mismos debido principalmente a los escalones generacionales y a las distintas condiciones de explotación para los que fueron diseñados en función de las líneas en las que debían prestar servicio. El presente Pliego contempla las actuaciones necesarias para implantar el sistema en la flota de línea 3.

Este desarrollo de un tren digital se plantea en tres fases claramente diferenciadas:

Fase 1: Software-as-a-Service (SaaS). En esta primera fase, las funcionalidades se prestarán de forma externalizada, a través de una plataforma del Adjudicatario (paradigma SaaS), pero con algunas particularidades. En esta fase todavía no existe una plataforma de datos de Metro de Madrid ni una solución embarcada en el tren para la extracción de datos de la red TCN. Por tanto, los datos se extraerán del tren con un equipamiento suministrado por el Adjudicatario, donde correrá su propio software. Esta fase se plantea de esta forma para poder disponer de datos para el análisis y analíticas de la forma más rápida posible, sin tener que esperar a la futura plataforma de datos de Metro de Madrid.

Fase 2: migración paulatina del software embarcado y de las funcionalidades a la plataforma de datos de Metro. En ella se permitirá migrar de una solución en la nube de un proveedor externo a Metro de Madrid a una plataforma de datos *on-premise* (que será la fase 3). Asimismo, en la hoja de ruta de Metro de Madrid está previsto que la extracción y procesamiento de los datos en el tren se realice con un software propio que correrá sobre el hardware que instale ahora el Adjudicatario. Este software propio de Metro de Madrid podrá estar en el mismo equipo donde corre el SW del adjudicatario o en un equipo idéntico donde no corra este SW del adjudicatario, pero deberá probarse su correcto funcionamiento en el tren en las dos configuraciones.

Fase 3: solución 100% *on-premise* con equipamiento embarcado sin dependencias de terceros.

## 3 ALCANCE

Las actuaciones incluidas en este contrato podrán ser cofinanciadas al 40 % con cargo al Programa Operativo 2021-2027 FEDER de la Comunidad de Madrid.

El alcance contemplado comprende el suministro, instalación y puesta en explotación del equipamiento embarcado, así como de la herramienta asociada, y posterior análisis de tramas y



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea



datos y el desarrollo e implantación de algoritmos para la optimización de los mantenimientos, para lo cual se estiman necesarios los siguientes alcances:

- Suministro e implantación del hardware embarcado, incluyendo la conexión a todos los buses indicados del equipamiento embarcado en toda la flota de trenes asociados a dicha línea 3 (Para más detalle sobre la flota ver el ANEXO I).
  - 24 UTs S3000 1ª de 6 cajas monotensión
  - 12 UTs S3000 1ª de 6 cajas bitensión
  - 4 UTs S3000 2ª de 6 cajas monotensión
  - así como los repuestos asociados (4).
- Suministro del software embarcado necesario para el funcionamiento del equipo (sistema operativo y drivers), junto con las aplicaciones, utilidades y librerías que sean necesarias para el contexto del presente Pliego. Sin ánimo de ser exhaustivo en este apartado, dichas funcionalidades deberán ser al menos las siguientes:
  - Intercambio de datos en tiempo real con la plataforma de tierra.
  - Guardado de registros y volcado a tierra en tiempo real o en diferido.
  - Análisis preliminar y analíticas avanzadas. Es decir, cálculo de variables procesadas (aquellas que no son obtenidas directamente del tren, sino que son el resultado de algoritmos internos y combinación de variables de distintas fuentes).
  - Conexión y configuración remotas, incluyendo las relacionadas con la autenticación y seguridad de las comunicaciones.
  - Reporte de estado
- Las comunicaciones tren-tierra serán las definidas por Metro de Madrid en fase de proyecto, pudiendo ser: 4G/LTE, WiFi o aquellas que Metro de Madrid plantee como una alternativa. El coste asociado al equipamiento de comunicaciones no será repercutido en este Proyecto cuando implique periféricos extras a los incluidos en el equipo embarcado que se despliegue como proxy en los trenes (este equipo deberá suministrarse equipado con al menos módulos 4G/LTE, WiFi, y Ethernet). El módulo 4G no deberá tener dependencia alguna con operadores de comunicaciones ni de ningún tipo y los costes derivados de este servicio serán asumidos por el Adjudicatario.
- Prestación de Software-as-a-Service (SaaS) a través de una plataforma del Adjudicatario, cuyas funcionalidades se particularizarán a los requisitos de este Pliego.
- Capacitación y formación del personal.
- Documentación, tanto en lo relativo al material móvil, como al resto de alcances de este Pliego, incluyendo los planes de mantenimiento que se modifiquen dentro del alcance del presente contrato.
- Pruebas para la puesta en marcha y recepción de todos los alcances.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Garantía y gestión de la obsolescencia.
- La interpretación de tramas y análisis de los datos obtenidos del equipamiento embarcado, tratamiento, correlación y su análisis conjunto con la información procedente de otras herramientas (SAP, registros, etc.) con el fin de obtener los objetivos descritos al comienzo del presente Pliego y KPI definidos en el apartado 11.2.
- Modificación de los planes de mantenimiento de los elementos embarcados, debiendo ser optimizados en base a los resultados analizados.
- Asistencia técnica para:
  - La migración de la plataforma de datos del Adjudicatario a una plataforma de datos de Metro de Madrid, antes de la finalización del presente contrato y de acuerdo a las fases que se detallan en este Pliego. El objetivo de este alcance no es otro que ayudar a Metro a implementar los algoritmos en la PT de Metro en caso de que sea necesario, para lo que no deberán existir cajas negras u “opacidades” que puedan obstaculizar la migración, y acompañar el extender a la PT de Metro los desarrollos que se vayan haciendo en la PT del Adjudicatario, de forma que no se acumulen al final del Proyecto, con el riesgo de que queden sin implementar o validar.
  - Soporte a Metro a los análisis adicionales de tramas de datos (así como su interpretación y correlación) que realice de forma independiente a la interpretación de datos realizada para la obtención de los objetivos y KPIs planteados.

Asimismo, la propiedad del dato como tal, es decir, obtenido del tren es sola y exclusivamente de Metro de Madrid, que no deberá tener, por tanto, dependencia ninguna con proveedores para poder acceder a éste. Los modelos de datos, algoritmos o cualquier otro procesado que se realice sobre estos mismos datos deberán ser conocidos por Metro de Madrid y abiertos.

El código fuente desarrollado para este Proyecto será propiedad de Metro de Madrid y se mantendrá en un repositorio provisto y mantenido por el Adjudicatario, pero instanciado en Metro de Madrid y con pleno acceso por parte del personal que Metro de Madrid solicite. En este sentido, es de especial importancia que todos los algoritmos que se desarrollen en el contexto del Proyecto se documenten de forma tal que puedan ser implementados en la PT de Metro de Madrid de forma eficiente y ágil. Esta documentación se acompañará al propio avance de los trabajos, de manera que no se concentre al final del contrato.

El Adjudicatario deberá cumplir con todos los procedimientos internos de Metro de Madrid, como gestión de la configuración, gestión de las modificaciones, inventariados de equipos y de productos y en general todo lo que tenga que ver con la gestión del ciclo de vida de cualquier activo relacionado con el Proyecto.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 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 PPT.

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 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 los requisitos legales en materia de prevención de riesgos laborales según lo establecido por Metro de Madrid en su Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales dentro de su Proceso referente a “Coordinación de Actividades Empresariales”.

#### 4.1.1 Normas generales para la realización de los trabajos

El licitante admite conocer la presencia de materiales con amianto (MCA) en la red de Metro de Madrid. Si se detectara algún material en las instalaciones a modificar sospechoso de contener amianto, el Adjudicatario ha de ponerlo en conocimiento de la dirección de facultativa y no se realizará ningún tipo de manipulación sobre él. En todo momento se ha de dar cumplimiento a lo indicado en el RD 396/2006 de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

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 Adjudicatario se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes en Metro de Madrid, 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 los trabajos antes del inicio de los mismos.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

En caso de que el Adjudicatario incurra en el incumplimiento de estas normas, la Dirección Facultativa podrá paralizar los trabajos hasta que el Adjudicatario asegure y demuestre el cumplimiento de las mismas.

En el supuesto de que los licitantes aspirantes a ser Adjudicatarios requieran conocer dichas normas, podrán solicitarlas a Metro de Madrid durante el periodo de elaboración de la Oferta.

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

#### **4.1.2 Normas de Metro de Madrid para la realización de los trabajos**

El Adjudicatario se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes en Metro de Madrid, las cuales deberán hacer conocer a su personal responsable de trabajo.

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 de alta tensión.
- Evaluación general de riesgos de lugares de trabajo.
- Manual de estilo para las comunicaciones establecidas con trenes y vehículos.

#### **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 Adjudicatario tendrá que realizar necesariamente los trabajos teniendo en cuenta lo siguiente:

##### 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).

##### Trabajos en Depósitos:



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

Los trabajos dentro de los depósitos, 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).

En la Oferta se remitirá, no obstante, un plan de trabajo detallado. En dicho plan se deberán recoger las necesidades de paralización de trenes (máximo 1 tren paralizado de forma simultánea y fuera de hora punta) así como los principales hitos del Proyecto.

#### Trabajos con material móvil en línea y depósito:

Los trabajos que impliquen el uso de material móvil con desplazamiento del mismo requerirán de personal acreditado por Metro de Madrid para dicha función, debiendo seguir los procedimientos de trabajo oficiales a la hora de realizar las solicitudes que correspondan.

Los trabajos sobre material móvil, requerirán en todo momento de la presencia de personal del AIMM (Área de Ingeniería de Material Móvil), para la supervisión de la evolución de dichos trabajos, así como del cumplimiento de los procedimientos oficiales de Metro a tal efecto.

Las pruebas en depósito podrán realizarse en cualquier horario, si bien quedarán restringidas al horario de trabajo convencional del personal del AIMM siempre que sea posible (de lunes a viernes de 7:00 a 14:30).

El uso de la vía de pruebas, así como los desplazamientos de material móvil fuera de sus lugares de operación habituales (ej.: traslados de depósito) deberá ser explícitamente autorizado por el personal del AIMM, debiendo realizarse la solicitud con un día de antelación.

Las pruebas en vía en horario nocturno (fuera de horario comercial) se deberán solicitar con al menos 8 días de antelación. El tiempo efectivo de pruebas en línea será de 2:30 a 5:00, siendo el horario nocturno de 23:00 a 7:00, el tiempo restante podrá usarse para acondicionar el material móvil en el depósito.

Tanto las pruebas, como cualquier otro trabajo que deba ser realizado sobre el material móvil quedan supeditadas a que las condiciones operativas y de explotación de la línea así lo permitan, pudiendo ser anuladas en cualquier momento.

#### Solicitud de trabajos:

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

El Adjudicatario solicitará por escrito la programación de los trabajos a la Dirección Facultativa, debiendo ser programados con el tiempo de antelación que la Dirección Facultativa indique.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

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 Adjudicatario.

## **4.2 NORMATIVA DE APLICACION**

Serán de aplicación las siguientes normas (o equivalentes) así como las requeridas en otros partados de este Pliego, en su edición vigente a la fecha de firma del Contrato, salvo cuando se especifique una edición concreta:

UNE-EN 50155. Aplicaciones ferroviarias. Equipos electrónicos utilizados sobre material rodante

UNE-EN ISO/IEC 27001. Tecnología de la información. Técnicas de seguridad. Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información. Requisitos.

UNE-EN IEC 62443. Seguridad para los sistemas de automatización y control industrial.

UNE-EN 61375-3-1. Equipos electrónicos para ferrocarriles. Red de comunicaciones del tren. Parte 3-1: Bus multipropósito del vehículo.

EN 50317: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente.

También serán aplicables cualquier normativa ferroviaria internacional, y normas, directivas o decretos de ámbito local de obligado cumplimiento vigentes en la fecha de firma del Contrato. En caso de conflicto entre normativas, se respetará la norma más restrictiva. 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, 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.

## **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.

<b>Acrónimo</b>	<b>Significado</b>
API	Application Programming Interface
ATP	Automatic Train Control
CBM	Condition-Based Maintenance
CCTV	Closed-Circuit Television



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

Acrónimo	Significado
CPD	Centro de Proceso de Datos
CTC	Control de Tráfico Centralizado
DCU	Door Control Unit
DDR	Double Data Rate
DVI	Digital Visual Interface
EN	European Norm
ESD+	Electrical Short Distance with Isolation
GbE	Gigabit Ethernet
GPIO	General Purpose Input/Output
GR	Gestor de Ruta
HW	Hardware
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHM	Interfaz Hombre-Máquina
IP	Internet Protocol
ISO	International Standardization Organization
KPI	Key Performance Indicator
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
LTE	Long-Term Evolution
LTMT	Local Train Maintenance Terminal
MKBF	Mean Kilometer Between Failures Perturbations
MVB	Multipurpose Vehicle Bus
PC	Personal Computer
PK	Punto Kilométrico
PPT	Pliego de Prescripciones Técnicas
PT	Plataforma de tierra
RAM	Random Access Memory
RS	Recommended Standard
SaaS	Software-as-a-Service
SMP	Sistema de Mando en Pupitre
SNMP	Simple Network Management Protocol
SW	Software
TCN	Train Communications Network
UNE	Una Norma Española
VE	Videoentretenimiento
VGA	Video Graphics Array
VV	Videovigilancia



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

Acrónimo	Significado
WiFi	Wireless-Fidelity

Tabla 1: Abreviaturas y definiciones

## 6 REQUISITOS GENERALES DE LA PLATAFORMA Y PERFILES DE USUARIOS

Se dispondrá de acceso a una plataforma del Adjudicatario para visualización y tratamiento de los datos. Esta plataforma deberá estar operativa desde la recepción del equipo embarcado en el primer tren, permitiendo desde ese momento la visualización, el almacenamiento y tratamiento de los datos de todos los trenes en los que se instale el equipamiento embarcado, proporcionando acceso a todas las funcionalidades descritas en el anexo VI (en el cual se describen los casos de uso), si bien a lo largo del Proyecto se podrán particularizar algunas funcionalidades adicionales fruto de los resultados del tratamiento de datos a medida que se vaya realizando.

### 6.1 REQUISITOS GENERALES DE LA HERRAMIENTA

La plataforma deberá al menos cumplir con los siguientes requisitos generales, además de los requisitos particulares que se abordan en apartados concretos relacionados con funcionalidades específicas a lo largo del Pliego.

- Facilidad de navegación, será intuitiva y amigable
- Deberá permitir un correcto visionado no sólo desde un PC, sino también desde un terminal móvil o Tablet.
- Permitirá la integración de los datos facilitados por la herramienta con herramientas corporativas, al menos GDL, CTC y SAP (y viceversa).
- Los datos deberán ser exportables por los usuarios a las herramientas ofimáticas (Word, hojas de cálculo, etc.)
- Deberá cumplir altos niveles de ciberseguridad (autenticación, encriptación y securización) siguiendo lo especificado en el anexo de V de “Ciberseguridad” de este Pliego.
- Será posible el acceso a los datos en bruto obtenidos del tren mediante *queries* SQL.

### 6.2 PERFILES DE USUARIOS

Existirán al menos los siguientes usuarios, asociados al personal y funciones de diferentes departamentos de Metro de Madrid, si bien deberá existir la posibilidad de creación de nuevos perfiles a lo largo del Proyecto, si así se decidiera.

- Operación
- Seguridad ferroviaria
- Material Movil



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea



- Instalaciones
- Calidad de servicio
- Analista de datos/Programador:
  - Visualización de datos con herramientas tipo Tableau.
  - Creación de algoritmos de generación de alarmas.
  - Análisis masivo de datos con herramientas y/o librerías específicas en distintos lenguajes de programación (ej.: Python, R, Matlab, etc.).
- Administrador (perfil no necesariamente de Metro de Madrid, pero sí disponibilidad inmediata en la atención a las solicitudes a gestionar por dicho perfil de usuario):
  - Gestión y creación de perfiles
  - Gestión de equipos
  - Administración de sistema

## **7 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se realizarán los siguientes trabajos, que se desglosan con el nivel de detalle mínimo a desarrollar y requisitos mínimos a cumplir:

1. Selección de tecnologías para el equipamiento embarcado y definición y desarrollo de la solución completa
2. Integración del tren con plataforma del Adjudicatario y con la plataforma de Metro de Madrid
3. Puesta en servicio de la plataforma del Adjudicatario (SaaS)
4. Redefinición de procesos
5. Pruebas tipo y serie
6. Difusión a toda la flota
7. Formación y cesión del conocimiento
8. Documentación
9. Ingeniería de datos y nuevos desarrollos.
10. Asistencias técnicas

### **7.1 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL EQUIPAMIENTO EMBARCADO Y DEFINICIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN COMPLETA**

#### **7.1.1 Requisitos generales**

Los elementos seleccionados (tanto hardware, como software) deberán ser aprobados por Metro de Madrid.

Se deberá justificar la elección de cada una de las tecnologías propuestas, teniendo como premisas los siguientes puntos:



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Se evitarán los costes recurrentes por licencias o cualquier otro concepto siempre que sea posible.
- Se evitarán las dependencias tecnológicas de proveedores.
- Se ofrecerán al menos dos alternativas para cada producto hardware, haciendo un análisis comparativo de las mismas.
- En el caso del equipamiento hardware, se deberá probar la no dependencia por dos vías:
  - El software embarcado deberá poder ejecutarse en un hardware convencional, maduro y comercial.
  - El mismo software deberá probarse en dos equipos embarcados distintos comprobando que ofrecen el mismo servicio.

En el caso de los protocolos de comunicaciones y los modelos de datos, deberán ser abiertos y estándar, debiendo conocer y aprobar Metro de Madrid explícitamente los que se propongan por parte del Adjudicatario.

### **7.1.2 Hardware y Software embarcados**

El conjunto de elementos hardware y software dedicado, sobre el que se desplegarán los componentes software que permitirán la adquisición de los datos del tren, tal y como se está definiendo en este Pliego, deberán cumplirlos siguientes requisitos:

#### **7.1.2.1. Requisitos funcionales**

Su diseño deberá ser modular, en el sentido de que todos sus componentes hardware deberán ser independientes y ergonómicos de modo que se pueda proceder a su cambio o reparación con el menor número de herramientas posibles.

Este hardware deberá conectarse a los nodos TCN localizados en los vehículos, que son dispositivos que actúan como puertas de enlace entre el bus de tren y los diferentes buses de vehículos de cada coche. Esta conexión se deberá hacer de forma que se garantice la continuidad del bus en todo momento, incluyendo caídas del equipo o cualquier otro escenario.

El bus de vehículo es estándar TCN, en particular Multifunction Vehicle Bus (MVB) que es un bus de comunicaciones serie que permite el intercambio de información entre los equipos instalados en un entorno local, a 1.5 Mbps. A él se conectan los dispositivos de los sensores y actuadores instalados en el vehículo, así como los dispositivos de control y supervisión. En la Oferta se deberá describir cómo se realiza la adquisición de los datos de los buses RS 485 o equipos conectados a éste que entren dentro del alcance del pliego.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

Metro de Madrid, de forma adicional a los alcances de este proyecto quiere seguir realizando desarrollos en el embarcado en relación al tren digital. Para ello, puede ser necesario instalar otro equipo en el tren. En este sentido, la solución que plantee el Adjudicatario deberá permitir, en caso que así se considere, poder instalar un aplicativo que permita el envío de datos del tren de forma directa a la PT de Metro de Madrid, independientemente de la arquitectura del Adjudicatario. Es decir, el equipo adicional que instale Metro de Madrid sobre el que corra el software de adquisición de datos del bus, deberá recibir los datos de dicho bus y no deberá de tener restricción alguna en dicho acceso, así como en el envío de datos a tierra. Este requisito tiene como objetivo que no existan obstáculos para ningún desarrollo de Metro, tanto en el embarcado como en tierra.

El equipo deberá permitir:

- Extracción de datos en tiempo real del bus MVB, cuyas topologías difieren en las series 3000-1ª y 2ª (ver *ANEXO II* para más detalle). La comunicación con bus MVB (de tipo ESD+) deberá ser exclusivamente de lectura (limitación por hardware).
- Extracción de registros de CESIS, SICAS (para trenes 3000-1ª) y COSMOS, ORION (3000-2ª) y MITRAC mediante conexión Ethernet (o mediante un adaptador 232/Ethernet o similar alternativa y, si fuera necesario, modificar el software del propio equipo, lo que sólo podrá ser hecho a través de su suministrador original o plantear la alternativa de obtención de un registro equivalente a partir de los datos de extraídos con al menos las mismas variables y las mismas funcionalidades de visualización y tratamiento) .
- Permitirá la extracción de la información de los sistemas de señalización embarcado de las series que circulan por esta línea (fabricante SIEMENS) y de todos los sistemas críticos o auxiliares conectados a la red TCN (se contempla una única conexión a la rama principal del bus MVB, si bien otras opciones pueden ser planteadas como mejoras). Asimismo, deberá ser posible conectarse al equipo de señalización (LTMT) para descargar registros del mismo. Esta conexión se hará a través de la red LAN existente en el propio tren. Los registros de este equipo deberán estar disponibles en la herramienta.
- Deberá realizarse el desarrollo oportuno para la extracción de todas las variables de los equipos y sistemas integrados en buses RS-485 y con puertos de mantenimiento RS-232, al menos centralitas de control de puertas de viajeros y equipos de aire acondicionado, siendo estos sistemas objeto principal de estudio CBM. Se podrá plantear para ello una conexión a los buses RS-485 o puertos RS-232, si bien se considera una solución complicada y encarecida por el conjunto de pasarelas locales / equipos necesarios y red ethernet adicional a montar, por lo que se propone una solución alternativa que consistiría en modificar el software de los equipos embarcados para exportar al bus MVB todas aquellas variables que actualmente no están en el bus de explotación. Para ello se deberá modificar el software de dichos equipos, así como el del equipo que haga de



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

pasarela entre el bus RS-485 y la red TCN (SICAS en la serie 3000 1ª y COSMOS en la serie 3000 2ª).

Serán objeto de esta modificación al menos:

- SICAS / COSMOS
- DCUs de puertas
- Equipo de control del aire acondicionado
- Otros equipos que fueran necesarios, como maestros de la red TCN
- Adquisición de datos provenientes de sensores emplazados en
  - Bogie (ver detalles en Anexo IV)
  - Pantógrafo (ver detalles en Anexo III)

Por otro lado, la plataforma HW y SW propuesta debe tener el rendimiento suficiente para enviar la información en tiempo real de todas las variables integradas sin pérdida de datos y tener mecanismos de resiliencia para la retención y envío ante fallos de la capa de nivel 2 (del esquema de la figura 1, es decir, equipos de red), y debe garantizar el *timestamp* de los paquetes o tramas enviados. Se deberá indicar en la Oferta como se gestiona la hora del equipamiento embarcado, haciendo hincapié en cambios de horario de primavera/otoño, así como la precisión en el *timestamp* de los datos adquiridos.

- A nivel de monitorización, se deberá integrar con sistemas superiores por SNMP v3 y syslog.
- La plataforma HW y SW propuesta debe tener altos niveles de ciberseguridad (autenticación, encriptación y securización) siguiendo lo especificado en el anexo de V de “Ciberseguridad” de este pliego.
- Toda la información relativa a estos puntos será entregada a Metro de Madrid, quién deberá aprobar explícitamente todos ellos.

#### 7.1.2.2. Requisitos específicos

En la tabla siguiente se proporciona una tabla de requisitos **mínimos** para el equipamiento embarcado:

Procesador	Procesador Intel® Core i7-6600U (o equivalente de similares prestaciones)
Velocidad del sistema	2.6 GHz
Memoria	2x 4GB DDR4-2133 SO-DIMM (doble canal)



Almacenamiento	1x CFast 256GB MLC (o equivalente de similares prestaciones)  2x 2.5 "bahía de dispositivo para SSD, incluyendo discos SSD de capacidad mínima 512GB
conectores	DVI-D, VGA, 3x COM (2x COM para el modelo HV, uno con opciones RS422 / 485), 2x M12 GbE, 2x M12 USB 2.0, conexión de alimentación M12, primer estado de entrada y salida de micrófono, GPIO, LED de estado GbE , 1x ranura PCI-E (x4)
Comunicaciones - movilidad	Módulo WiFi + Modem M2 LTE 4G incluyendo antenas y cableado
Certificaciones	EN50155, EN50153, EN50121-3-2, CE class A, FCC class A, EN45545 o equivalentes

- Asimismo, para las comunicaciones, deberá contar con:
  - Módulo LTE 4G.
  - Módulo IEEE 802.11.
  - Tarjeta de red Ethernet, para conexión del equipo a la red LAN embarcada. Esto no excluye que la comunicación con el *gateway* MVB se haga por Ethernet (sería una interfaz aparte). Esta conexión permitirá la extracción de registros de todos aquellos equipos embarcados conectados a dicha red o que sean susceptibles de conectarse a la misma.
  - Antenas apropiadas para cada uno de los módulos de comunicaciones radio, que podrán ser interiores siempre que la solución sea robusta ante vandalismos, no esté fácilmente accesible para personal ajeno al mantenimiento de material móvil, sea eficiente en las zonas con baja cobertura y sea explícitamente aceptada por Metro de Madrid.
- Se deberá incluir licencia del sistema operativo que debe ser de tiempo real y basado en Linux (sin licencias asociadas) y producto comercial. En él deberán poder ejecutarse lenguajes de alto nivel e interpretados.
- Deberá ser un equipamiento comercial.
- En la Oferta se deberán identificar al menos dos equipos que cumplan las características requeridas. Ambos deberán cumplir con los requisitos de obsolescencia recogidos en este mismo pliego.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- En lo relativo al software a implementar como proxy y el modelo de datos:
  - Software de base de tiempo real (sistemas operativos, BBDD, etc.) con altas capacidades de gestión remota (actualización, parcheado, configuración, etc.) y diseño ciberseguro.
  - Se seleccionará un protocolo de comunicaciones conforme a las necesidades del sistema, pudiendo convivir varios en función de los objetivos (por ejemplo: un protocolo de tiempo real, uno de mensajería por subscripción y uno de ficheros históricos). Esto deberá ser explicado en la Oferta, con suficiente detalle técnico.

La plataforma deberá permitir el uso de productos software compatibles con alguno de los sistemas operativos convencionales basados en Linux y en caso de decantarse por un sistema operativo industrial o de tiempo real se intentará que el mismo sea uno suficientemente extendido y que disponga de una comunidad relevante al objeto de minimizar el coste de futuros desarrollos y dar un soporte adecuado a los mantenedores. Dispondrá de un sistema de gestión de paquetes que permita las actualizaciones de forma automática o bajo demanda, sin pérdida de disponibilidad a todos los niveles: drivers, software base, aplicativos específicos, parches, etc.

## **7.2 INTEGRACIÓN DEL TREN CON PLATAFORMA DEL ADJUDICATARIO Y CON LA PLATAFORMA DE METRO DE MADRID**

Como ya se ha mencionado, el Proyecto de Tren Digital se estructura en tres fases diferentes:

### **7.2.1 Fase 1: Software-as-a-Service (SaaS)**

En esta primera fase, las funcionalidades se prestarán de forma externalizada, a través de una plataforma del Adjudicatario (paradigma SaaS), pero con algunas particularidades que se explicarán a continuación. En esta fase todavía no existe una plataforma de datos de Metro de Madrid ni una solución embarcada en el tren para la extracción de datos de la red TCN. Por tanto, los datos se extraerán del tren con un equipamiento suministrado por el Adjudicatario, donde correrá su propio software.

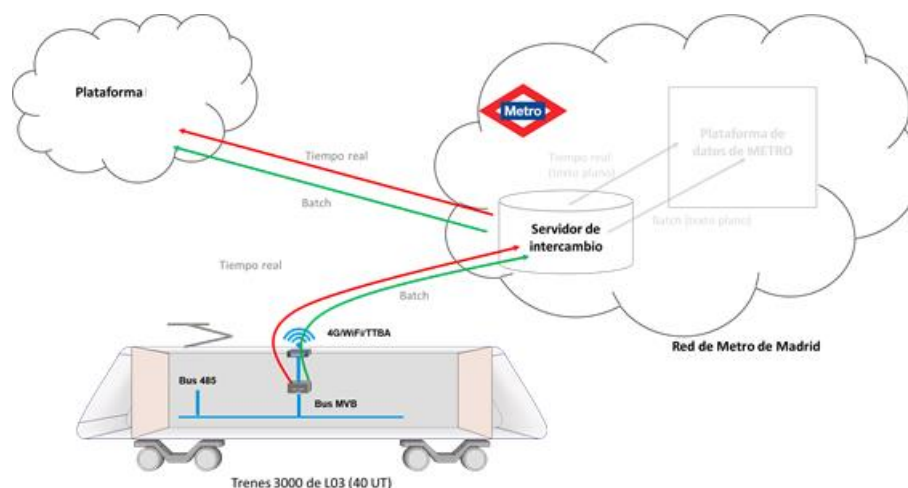
No obstante, los trenes en ningún momento se conectarán a equipos de fuera de la red de Metro de Madrid, por lo que se deberá hacer uso de un servidor de intercambio (ubicado en la red de Metro de Madrid) para que los trenes descarguen en él los datos. Este servidor a su vez se utilizará para que estos datos sean accesibles desde la plataforma de datos del Adjudicatario. En la figura siguiente se recoge este esquema, mostrándose en rojo el flujo de datos en tiempo real y en verde los batch.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*



En esta fase se deberá permitir el acceso de Metro de Madrid a los datos que el equipamiento del Adjudicatario esté adquiriendo de los distintos orígenes (MVB, 485, pantógrafo, bogie, etc.), sin restricción alguna. En la Oferta se deberá detallar la solución propuesta, que deberá ser aprobada por Metro de Madrid.

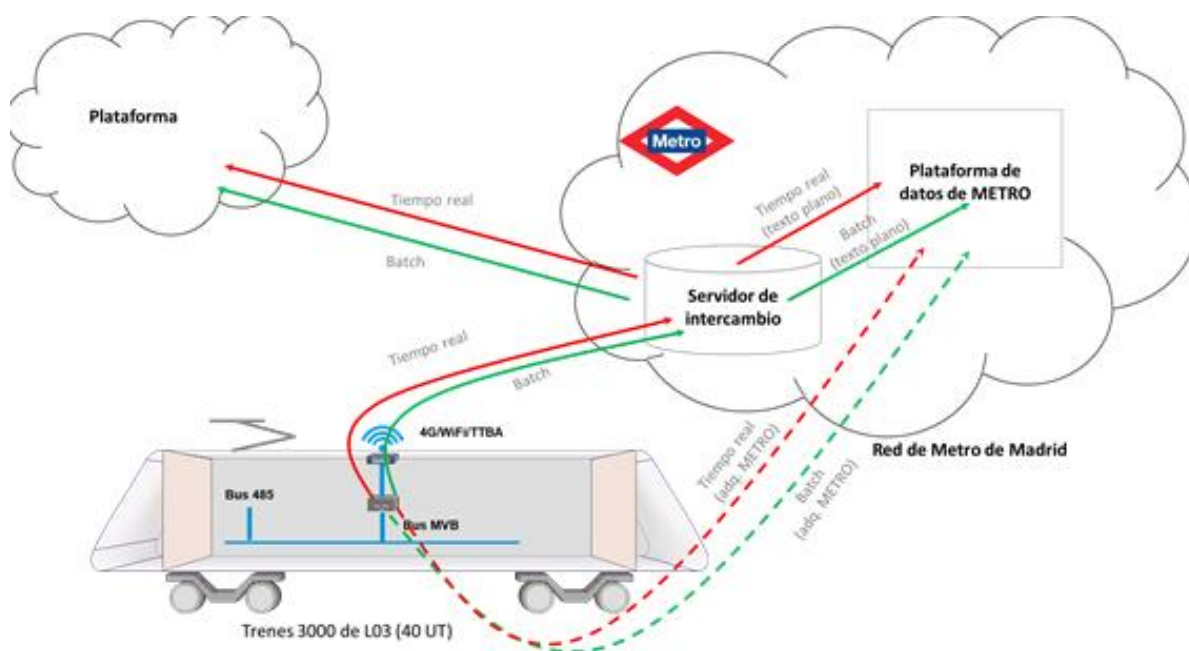
Esta fase 1 se plantea de esta forma para poder disponer de datos para el análisis y analíticas de la forma más rápida posible, sin tener que esperar a la futura plataforma de datos de Metro de Madrid. No obstante, dado que el objetivo es disponer de dicha plataforma, sin externalización ni dependencia alguna (ver fase 3), se plantea una fase de transición (fase 2) en la que convivirán la plataforma en la nube del Adjudicatario con la plataforma de datos *on-premise* de Metro de Madrid, por un lado; y el desarrollo en embarcado del Adjudicatario con el que vaya a poner en marcha Metro de Madrid. Esta fase se explica a continuación.

### **7.2.2 Fase 2: migración paulatina del software embarcado y de las funcionalidades a la plataforma de datos de Metro.**

Esta fase 2, absolutamente transitoria, es la que permitirá migrar de una solución en la nube de un proveedor externo a Metro de Madrid a una plataforma de datos *on-premise*. Asimismo, en el roadmap de Metro de Madrid está previsto que la extracción y procesamiento de los datos en el tren se realice con un software propio que correrá sobre el hardware que instale ahora el Adjudicatario.

Las funcionalidades que se presten en la plataforma del Adjudicatario deberán ir migrando de forma paulatina a la plataforma de Metro de Madrid, para lo que se requiere la asistencia técnica del Adjudicatario. Se seguirá haciendo uso del servidor de intercambio para la salida de datos a la plataforma externa y, mientras siga siendo necesario, a la de Metro de Madrid. Esto se muestra de forma resumida en la figura siguiente.





### 7.2.2.1. Servidor de intercambio

Para la implantación de la solución del Adjudicatario se considera necesario uno o varios servidores de intercambio, con las funciones o aplicaciones siguientes:

- Pasarela intermedia o *gateway* entre los equipos embarcados de los trenes CAF de línea 3 y el servicio de “Tren Digital” alojado en la nube, de tal forma que se evita la comunicación directa entre los trenes y dicha nube.
- Interprete, software desarrollado para Metro, que recibe los datos enviados por los equipos embarcados, los transforma a un formato estándar y los envía a la PT de Metro de Madrid de forma online sin ficheros intermedios a través de las tecnologías disponibles en la plataforma de Metro de Madrid.

Toda la información enviada por la pasarela intermedia a la nube, deberá hacerse disponible por el intérprete a la PT de Metro.

Metro proveerá en su infraestructura existente los servidores de intercambio necesarios para las funciones de *gateway* e interprete, siempre que ambas aplicaciones se adapten a las condiciones de la infraestructura de Metro.

Las aplicaciones de pasarela e intérprete de la solución del Adjudicatario, deben ser instalables en la línea base de infraestructura de Metro, consistente en:

- Hardware x86 64 bits.
- Máquinas virtuales sobre plataforma de virtualización VMware.



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea



- Sistemas operativos Linux o Windows.
- Balanceadores de red.

Cualquier hardware o software adicional no contemplado en línea base deber ser licenciado y contratado el mantenimiento por el Adjudicatario.

La plataforma BigData de Metro con la que se tiene que integrar el intérprete tiene entornos de desarrollo y producción. Por lo tanto, Metro proveerá servidores de intercambio independientes para desplegar las aplicaciones en el entorno de desarrollo y producción.

Metro proveerá el número de servidores de intercambio necesario, pero la suma recursos de computo, almacenamiento y ancho de banda de las comunicaciones de todos los servidores de producción no debe exceder:

- 20 vcpus o 10 cores Intel Gold.
- 80GB de memoria RAM
- 2TB de almacenamiento.
- 1 Gbps de ancho de banda.

Si el consumo de recursos es superior a los especificados anteriormente, la infraestructura necesaria deberá ser Ofertada por el proveedor.

Pasa asegurar la mantenibilidad y la disponibilidad de las aplicaciones *gateway* e interprete, Metro proveerá un mínimo de 2 servidores de intercambio en el entorno de producción cuyas peticiones desde los trenes a los servidores de intercambio serán balanceados mediante balanceadores hardware o software de Metro.

### **7.2.3 Fase 3: solución 100% *on-premise* con equipamiento embarcado sin dependencias de terceros.**

Esta fase es la que culmina el planteamiento de Metro de Madrid para la digitalización del material móvil, sin datos de los trenes residiendo externamente a Metro de Madrid y sin dependencias de ningún tipo con terceras empresas. Así, en paralelo al desarrollo de este proyecto, Metro de Madrid desarrollará su propia plataforma, con el objetivo de que a la finalización del contrato (4 años) esta pueda ser totalmente independiente del Adjudicatario y de su plataforma.

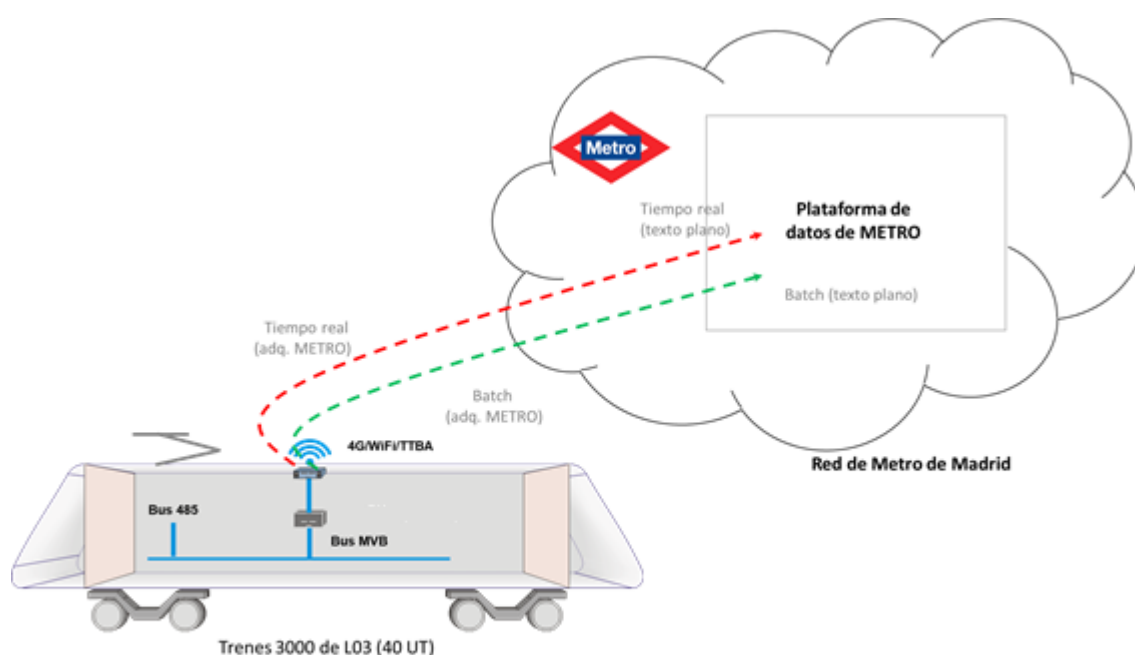
Esta fase requiere de una plataforma de datos así como de un software que extraiga los datos del tren y los envíe a esta.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*



El Adjudicatario, junto con Metro de Madrid deberá diseñar y ejecutar un plan de migración de todas las funcionalidades que vaya a utilizar Metro de Madrid en la plataforma de la fase 1, a la plataforma de tierra de Metro de Madrid (fase 3).

### 7.3 PUESTA EN SERVICIO DE LA PLATAFORMA

Estos alcances abarcarán la puesta en marcha de la plataforma según lo descrito en el apartado el apartado 7.2.1., cumpliendo los requisitos especificados en el apartado 6 y dando cobertura a los casos de uso descritos en el Anexo VI. Estará disponible desde la implantación en el primer tren del equipo embarcado correspondiente. Los aspectos relativos a los niveles de cumplimiento de servicio de la plataforma del Adjudicatario se desarrollan en el apartado 11.1.

### 7.4 REDEFINICIÓN DE PROCESOS

En aquellos casos en que los procesos existentes actualmente se vieran afectados, pudieran ser optimizados gracias a la implantación del nuevo modelo, o necesitaran ser mejorados para el desarrollo de las herramientas, deberán quedar registrados documentalmente los cambios necesarios y sus implicaciones.

Entre las acciones a acometer estará la redefinición del sistema de clasificación y codificación de tarjetas de averías en SAP al objeto de facilitar el cruce de información con otros sistemas de forma automática, eliminando en la medida de lo posible los campos de texto abiertos y redefiniendo los flujos de información si fuera necesario.

De igual forma, tendrá un interés prioritario la redefinición de todas aquellas transacciones SAP que fueran necesarias y la inclusión de otras nuevas, al objeto de plantear el uso de dicha herramienta bajo las premisas del mantenimiento predictivo y basado en condición como complemento al actual mantenimiento preventivo. Del mismo modo, en caso de ser necesario considerar la redefinición de los módulos SAP relacionados con las tarjetas de averías y órdenes de trabajo a fin de conseguir que la información de las mismas pueda ser cruzada con mayor eficiencia con la información extraída del tren, se describirán cuantas mejoras fueran necesarias a fin de lograr este objetivo.

En este caso, Metro de Madrid gestionará internamente la interlocución con el resto de departamentos de cara a validar, modificar e implantar dichos procesos y transacciones SAP redefinidas debiendo adaptarse el sistema para cubrir dichos requerimientos. No obstante, la redefinición de los procesos, así como la especificación detallada de los nuevos modelos mejorados están dentro del alcance de este pliego.

Asimismo, el desarrollo sobre SAP como tal lo realizará Metro de Madrid en función de la especificación detallada que resulte de esta tarea.

## **7.5 PRUEBAS TIPO Y SERIE**

Se realizarán dos tipos de pruebas en la implantación y puesta en servicio del equipamiento embarcado y su integración en la plataforma:

- Pruebas tipo: destinadas a validar una implementación antes de proceder a su difusión (implementación en serie). Se deberá hacer una en cada una de las dos subseries contempladas en este pliego (3000-1ª y 3000-2ª).
- Pruebas serie: destinadas a validar la recepción de cada unidad.

Los protocolos de pruebas serán definidos por el Adjudicatario, debiendo ser aprobados por Metro de Madrid.

El ámbito de las pruebas será de amplio espectro, debiendo realizarse al menos las siguientes (lista no limitativa):

- Pruebas de ciberseguridad.
- Pruebas de carga a equipos embarcados (procesado de datos, guardado de datos y volcado de datos).
- Pruebas funcionales.
- Pruebas de aptitud para la circulación comercial.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Pruebas de análisis de tráfico de datos tren-tierra.
- Pruebas de no afección a las redes TCN del tren en caso de caída o fallo del hardware embarcado objeto de este pliego.

A continuación, se citan algunas pruebas exigibles a modo de ejemplo, además de las pruebas tipo y/o serie sobre cada unidad de material móvil (se trata de un listado no exhaustivo ni limitativo):

- Pruebas en el material móvil:
  - Apagado controlado ante fallo de alimentación.
  - Acumulación de datos durante 10 días.
  - Comunicación en tiempo real.
  - Transferencia de ficheros.
  - Pruebas de carga (procesado de datos).
  - Pruebas de ciberseguridad.
  - Pruebas de estabilidad (sin fallo funcional en 1 mes).
  - Pruebas de compatibilidad (2 equipos distintos).
  - Pruebas de emulación sobre PC para software de alto nivel (el mismo software debe funcionar sobre un PC convencional, emulando los sistemas del tren).
  - Pruebas de rendimiento (ejecución de software compilado y scripts interpretados en varios lenguajes de programación a elección de Metro de Madrid).
- Pruebas en la plataforma de tierra
  - Pruebas de integración
  - Pruebas de mantenimiento (interfaz web para configuración y acceso a datos).
  - Pruebas de seguimiento del tren en tiempo real.
  - Pruebas de pérdida de tren durante un periodo de 10 días.
  - Pruebas de continuidad e integridad de registros (no pérdida de tramas).
  - Pruebas relativas a la migración entre fases del proyecto (de la fase 1 a la 2 y de la fase 2 a la fase 3).



## **7.6 DIFUSIÓN A TODA LA FLOTA**

Previamente a la difusión a toda la flota se deberán haber superado las pruebas tipo y haber estado dos semanas en explotación sin incidencias y cubriendo los objetivos previstos.

La difusión a cada unidad no se considerará efectiva, ni entrará en explotación hasta que no se superen las pruebas tipo y serie correspondientes.

En todo momento se seguirán los procedimientos de Gestión de Campañas, Gestión de la Configuración, Gestión de las Modificaciones, Gestión de la Difusión de Metro de Madrid. Metro de Madrid facilitará al Adjudicatario los detalles al respecto.

No se cargará ningún software en los trenes hasta que Metro de Madrid no dé el visto bueno, para lo cual necesitará disponer de:

- La arquitectura software del sistema
- Las hojas de configuración
- Los productos software
- La hoja de cierre de versión

En cualquier caso, ningún tren se cargará sin autorización expresa de Metro de Madrid.

## **7.7 FORMACIÓN Y CESIÓN DEL CONOCIMIENTO**

Se plantearán los cursos de formación necesarios para los perfiles de usuarios descritos en el apartado 6.2. En la Oferta se deberá indicar la carga de horas para cada una de las modalidades. Si el Adjudicatario lo considera conveniente, podrá proponer otra distribución de horas y cursos de formación que pudiera resultar más apropiada para Metro de Madrid. En cualquier caso, esta propuesta deberá ser aprobada por Metro de Madrid, así como la planificación temporal de la misma.

Esta formación deberá estar estructurada de la siguiente forma:

- Formación específica sobre la plataforma del Adjudicatario, segmentada para los perfiles de usuarios enumerados en el apartado 6.2.
- Formación sobre aspectos de transformación digital, big data, cloud, bases de datos, estadística, etc. Esta formación se prestará de forma acompañada con los avances del proyecto, de manera que se pueda aproximar a la realidad de los datos y sistemas disponibles en la plataforma en cada momento.
- Formación sobre el equipamiento embarcado.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

Se propondrá un plan de formación, detallando la duración prevista de cada tipo de curso así como su contenido, y contemplando la impartición de varias sesiones en diferentes horarios para las tres modalidades de formación

Los cursos podrán ser grabados y, tanto el material del curso como las grabaciones serán entregadas a Metro de Madrid que tendrá pleno derecho para su explotación como considere oportuno.

## **7.8 DOCUMENTACIÓN**

La documentación a entregar por el Adjudicatario a largo del Proyecto contemplará al menos los siguientes contenidos exigibles, que deberán entregarse de forma secuenciada acorde a las fases de desarrollo del Proyecto y con el tiempo suficiente para permitir su estudio y la emisión de comentarios a la misma por parte de Metro de Madrid sin provocar retrasos en la ejecución de los trabajos:

- Planos
- Especificaciones técnicas y funcionales
- Protocolos de pruebas y registros de protocolos
- Certificaciones
- Documentación de formación
- Procedimientos
- Hojas de configuración, arquitecturas software y en general toda la documentación exigida por los procedimientos de gestión del equipamiento embarcado de material móvil.
- Todo lo necesario para la puesta en marcha de algoritmos en la PT de Metro de Madrid, es decir, para migrar alcances de este pliego a la PT definitiva de Metro de Madrid. Esta documentación deberá entregarse según se vaya realizando el avance de estos trabajos, no demorándose al final del Proyecto, de forma que dicha migración pueda ser acompañada al desarrollo del Proyecto y de la propia migración.
- Y en general toda aquella documentación que pueda ser relevante o considerada de interés por Metro y de la que disponga el Adjudicatario.

Deberá disponer de la calidad suficiente para, a juicio de Metro de Madrid, asegurar la operación y mantenimiento de los equipamientos embarcados, así como la adecuada descripción de los desarrollos y herramientas objeto del presente PPT.

Se entregará respetando lo indicado en el apartado 8.5.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 7.9 INGENIERÍA DE DATOS Y NUEVOS DESARROLLOS

Se incluyen bajo este concepto cuatro apartados que requieren un know-how específico así como los recursos personales mínimos especificados en el Pliego de Condiciones Particulares:

1. Análisis técnico funcional con soporte de especialistas.
2. Estudio y desarrollos para inclusión de nuevas variables en la red TCN.
3. Prototipo de sensorización de pantógrafo.
4. Prototipo de sensorización de bogie.

### 7.9.1 Análisis técnico funcional con soporte de especialistas

El estudio abarcará:

- Interpretación de los datos obtenidos del tren, incluyendo al menos:
  - Variables de bus MVB.
  - Estudio de las variables a extraer de los puertos de mantenimiento de los equipos conectados por RS-485 y de las variables mostradas por los puertos de mantenimiento RS-232 con objeto de seleccionar las más apropiadas para ser trasladadas a la red TCN para completar la información disponible en el bus MVB.
  - Eventos y alarmas de IHM.
  - Repercusión en señales cableadas, entradas y salidas a equipos
  - Afección a los equipos embarcados.
  - Extrapolación a variables procesadas (deducidas de las variables del bus y los sucesivos estados por los que pasan los equipos y la unidad –ej.: PK-).
- Trabajo colaborativo de científicos y analistas de datos con los expertos especialistas en equipos y Metro de Madrid para:
  - El establecimiento de algoritmos que permitan la detección de averías con anterioridad a que se produzcan las mismas (mantenimiento predictivo).
  - El establecimiento de un plan de mantenimiento basado en estado (CBM).
  - Un ajuste más eficiente de los planes de mantenimiento preventivo ya existentes.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

### 7.9.2 Estudio y desarrollos para inclusión de nuevas variables en la red TCN

En los trenes s3000 1ª y 2ª, si bien gran parte de la información está en el bus MVB, es imprescindible poder extraer variables de la red RS 485 para los estudios específicos de algunos de los sistemas.

Por tanto, se estudiarán las variables del bus RS-485 y las monitorizadas en los puertos de mantenimiento (RS-232) con el software de mantenimiento así como otras posibles variables del equipo no dispuestas actualmente en el MVB para discriminar cuales de ellas pueden resultar de mayor interés para el análisis CBM de los siguientes equipos:

- DCUs de puertas
- Aire acondicionado
- Equipos de producción de aire
- Tracción/Freno y captación de energía

Una vez identificadas dichas variables se modificará el software de estos equipos y de aquellos que hagan de pasarela, para trasladar dicha información a la red TCN. Otra opción que se puede someter a estudio es espiar el bus RS-485 si se estima más conveniente que realizar una modificación software sobre los equipos antes mencionados. En cualquier caso, el objetivo final es disponer de las variables que sean necesarias de estos sistemas para poder realizar el citado análisis CBM sobre ellos. Por tanto, se deberá realizar en fase de proyecto un análisis sobre que variables pueden ser necesarias a priori y como realizar la ingesta de estos datos. Dicho estudio se realizará en el primer año de Proyecto con el fin de disponer antes del comienzo del segundo año del informe con las conclusiones de las necesidades de desarrollos para la disposición e ingesta de variables adicionales de los equipos mencionados.

Se contemplará en la Oferta los alcances y costes asociados al desarrollo correspondiente, pruebas y la difusión a las 40 unidades objeto del pliego, y en caso de que el informe realizado concluyera que no fuera necesaria la extracción de variables adicionales y por tanto los desarrollos adicionales, se gestionará la baja correspondiente a estos trabajos según se detalla en el Pliego de Condiciones Particulares.

Cualquier modificación software seguirá la política de aseguramiento de la calidad de Metro de Madrid en relación con la gestión de la configuración del equipamiento embarcado.

### 7.9.3 Prototipo sensorización de pantógrafo

Se desarrollará un prototipo que deberá ser implementado sobre una unidad s3000 1ª de 6 cajas bitensión (circulación por línea 3 y línea 5) y sobre una unidad s3000 2ª de 6 cajas (circulación por línea 3) con el objeto de medir las características cinemáticas, dinámicas y de captación de energía en los pantógrafos de dichas unidades.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*



El objeto del presente apartado será monitorizar de forma continua el estado de la línea y el estado del tren, al objeto de encontrar anomalías y algoritmos que permitan detectar las mismas en los distintos sistemas que se encuentran en interacción (catenaria, frotadores, pantógrafo, etc.) al objeto de detectar fallos funcionales (calentamientos, chispazos, arcos, interferencias, etc.).

El sistema permitirá el guardado de datos local en el proxy del tren y el envío a tierra para su análisis en tiempo real o en diferido.

En la Oferta se deberá detallar la arquitectura y principales elementos de este sistema de sensorización, así como las características técnicas.

En el Anexo III se incluye la especificación detallada de este prototipo de sensorización del pantógrafo.

#### **7.9.4 Prototipo sensorización bogie**

Se desarrollará un prototipo que deberá ser implementado sobre una unidad s3000 1ª de 6 cajas bitensión (circulación por línea 3 y línea 5) y sobre una unidad s3000 2ª de 6 cajas (circulación por línea 3) con el objeto de medir las características cinemáticas, dinámicas de los bogies (a determinar en fase de proyecto) de cada unidad.

El objeto de este prototipo será monitorizar de forma continua el estado de la línea así como el comportamiento y estado de la unidad, al objeto de encontrar anomalías y algoritmos que permitan detectar las mismas en los distintos sistemas (vía, ruedas, suspensiones, etc.) al objeto de detectar fallos funcionales (planos en las ruedas, grasa, vibraciones, movimiento de lazo, etc.).

El sistema permitirá el guardado de datos local en el equipo del tren y el envío a tierra para su análisis en tiempo real o en diferido.

En la Oferta se deberá detallar la arquitectura y principales elementos de este sistema de sensorización, así como las características técnicas y las prestaciones y capacidades del mismo.

En el Anexo IV se incluye la especificación detallada de este prototipo de sensorización del bogie.

#### **7.10 OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Un aspecto esencial del presente Proyecto es, a partir de los datos recabados por la plataforma, optimizar el mantenimiento a través de dos vías principalmente:

- Desarrollo de analíticas avanzadas y algoritmos de mantenimiento predictivo
- Seguimiento del estado de determinados elementos embarcados, de forma que se puedan optimizar las tareas de mantenimiento preventivo



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

Se entregará a la finalización del Proyecto la propuesta de un Plan de Mantenimiento CBM, como resultado de los resultados de los análisis realizados. Esta propuesta de Plan de Mantenimiento se acompañará de todos los informes de resultados y conclusiones de los análisis realizados y que darán soporte a la propuesta. También se entregará un informe con la estimación de la posible reducción de costes de mantenimiento asociados a la implantación de este nuevo plan de mantenimiento CBM.

## **8 GESTIÓN DEL PROYECTO**

### **8.1 SEGUIMIENTO DEL PROYECTO**

Se mantendrán reuniones mensuales de seguimiento, debiendo presentar el Adjudicatario, previamente a la reunión un informe con la evolución de los KPIs seleccionados, así como del avance de los trabajos y desarrollos en curso.

Por otro lado, de cara a la adecuada planificación de los recursos y necesidades para la finalización del contrato, Metro de Madrid y el Adjudicatario realizarán un seguimiento continuo a lo largo del Proyecto, con el objeto de que el Adjudicatario sea conocedor del avance de los trabajos en la plataforma de datos de Metro de Madrid, así como del avance de la migración.

### **8.2 GESTIÓN DE LA SEGURIDAD. EXTERNALIZACIÓN DE LOS DATOS. AUDITORÍAS.**

Se plantea como una potencial debilidad para Metro de Madrid el hecho de que los datos de sus trenes residan fuera de la propia red de Metro de Madrid. En aras de incrementar la seguridad de los datos, el Adjudicatario deberá acreditar en la Oferta el cumplimiento de determinados aspectos relacionados con la seguridad, que se detallan en el anexo V.

Por otro lado, Metro de Madrid se reserva el derecho de auditar que el Adjudicatario:

- Cumple con lo previsto en la normativa de aplicación de seguridad.
- Se está entregando a Metro de Madrid la totalidad de los datos extraídos del tren.
- En el caso de que exista algún incidente, será posible realizar auditorías al respecto.

### **8.3 OBSOLESCENCIA**

El Adjudicatario está obligado a disponer de un sistema de gestión de la obsolescencia de acuerdo a las normas UNE-EN 62402 y UNE-EN 60300 (o equivalentes) para todos aquellos casos de obsolescencia que se puedan producir durante la vida útil del material móvil. Deberán



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

detallarse en las estrategias para la identificación y mitigación de los efectos de la obsolescencia en el ciclo de vida completa, así como su soporte y mantenimiento.

La documentación del plan de gestión de obsolescencia contendrá los siguientes entregables:

- Declaración general de la política y objetivos de obsolescencia.
- Identificación de los elementos con mayor riesgo de obsolescencia, indicando número de años estimado para su discontinuidad.
- Proceso de comunicación entre el Fabricantes o Suministradores y Metro de Madrid.
- Para cada elemento: definir los datos (código producto) y equipos en los que se emplea.
- Determinar los productos y suministradores afectados.
- Evaluar el impacto, coste y probabilidad de la obsolescencia.
- Propuesta de estrategia del propio plan, que deberá ser proactiva y garantizar que supone el menor coste en el ciclo de vida del producto.

Al término del Proyecto, se revisará el plan presentado aportándose una versión actualizada del mismo a dicha fecha.

La obsolescencia de aquellos casos que se produzcan deberá ser comunicada a Metro de Madrid con una antelación de 12 meses a iniciarse su curso (producirse su discontinuidad), debiendo en cualquier caso garantizar el Adjudicatario equivalentes, la disponibilidad del hardware objeto de este Proyecto durante no menos de 5 años, o de uno equivalente durante un plazo no inferior a 15 años a partir de la finalización del contrato, con el oportuno soporte.

#### **8.4 PLAN DE CALIDAD**

El Licitante aportará en la Oferta 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, el personal del Adjudicatario destinado en estas áreas, deberá tener la libertad adecuada para mantenerse crítico con su propio trabajo y la independencia suficiente como para rechazar los elementos que proceda, independientemente del estado de los trabajos, antes de ser ofrecidos para la recepción por parte de Metro de Madrid.

El Adjudicatario entregará a Metro de Madrid, 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



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

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 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 Metro de Madrid pudiendo ésta exigir modificaciones, ampliaciones e incluso la nueva redacción de dicho plan.

## **8.5 SOPORTE INFORMÁTICO DE LA DOCUMENTACIÓN**

La documentación se entregará en soporte informatizado de acuerdo a 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 y/o Catia V5.

La estructura, presentación, tipo de formato, proceso, codificación, etc., serán indicados por Metro de Madrid.

## **8.6 PROPIEDAD INTELECTUAL E INDUSTRIAL**

Metro de Madrid será el titular de todos los derechos de propiedad intelectual e industrial de la totalidad de los trabajos y de sus resultados con las limitaciones previstas en las distintas leyes aplicables. En todo caso, tanto la documentación final como toda aquella que haya sido generada a lo largo del desarrollo del contrato, tienen la consideración de propiedad de Metro de Madrid y no podrá ser difundida ni entregada para uso de terceros sin su previa autorización.

Los integrantes del equipo del Adjudicatario que hayan participado en el contrato se comprometerán expresamente mediante documento escrito a no divulgar información relacionada con el mismo durante su duración.

La totalidad de los productos (software, modelos, objetos, diseño conceptual, de detalle y la implementación software del PC embarcado, APIs, etc.) desarrollados en el presente contrato y con las especificaciones y prestaciones de este pliego son propiedad intelectual e industrial de Metro de Madrid y se requiere que el licitador reconozca en su Oferta la aceptación de la propiedad de este producto. Asimismo, se deberán entregar los originales de los documentos con anterioridad a la recepción de la instalación.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 9 RECEPCIÓN

### 9.1 RECEPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO EMBARCADO

La recepción del equipamiento embarcado se formalizará para cada tren según lo indicado en el apartado 7.5.

### 9.2 INICIO DEL SERVICIO DE LA PLATAFORMA

El inicio del servicio de la plataforma se validará mediante la realización de las pruebas detalladas en los apartados 7.3 y 7.5, la comprobación de las funcionalidades requeridas en la descripción de los casos de uso del anexo VI, y con la recepción del equipo embarcado del primer tren y su integración en la misma, sin perjuicio de poder repetir dichas pruebas o parte de las mismas, así como de someter a todas aquellas pruebas que, en base a la experiencia en explotación, Metro de Madrid y el Adjudicatario, de común acuerdo considerarán aconsejable realizar a medida que se recepcionen e integren más trenes.

### 9.3 RECEPCIÓN FINAL

La recepción final se firmará a la finalización del Contrato, siendo condición indispensable para la formalización de la Recepción Final haber desarrollado los alcances solicitados y haber prestado los servicios requeridos en las duraciones establecidas en este Pliego, incluidas las posibles ampliaciones por incumplimiento de garantía o de ratios de disponibilidad de la plataforma, es decir:

- Desde la recepción del equipamiento del último tren y el inicio del servicio de la plataforma (lo último que se cumple), éste se haya prestado durante un plazo mínimo de 3 años.
- Haber realizado las evaluaciones correspondientes de cumplimiento de garantía, disponibilidad de servicio de la plataforma y KPIs, conforme a lo indicado en los apartados 10 y 11.
- Haber entregado toda la documentación y los entregables requeridos de resultados y propuesta de mejora del plan de mantenimiento basada en dichos resultados.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 10 GARANTÍA DEL EQUIPAMIENTO EMBARCADO

### 10.1 OBJETO

La garantía incluye la solución de cualquier defecto o problema que surja en los equipos embarcados objeto del presente Proyecto y su integración en la plataforma de tierra, así como cualquier incidencia que surja derivado de las actuaciones llevadas a cabo dentro del alcance de este PPT.

### 10.2 ORIGEN Y PLAZO DE GARANTIA

El plazo de la garantía comenzará en cada tren desde que se haga la recepción del equipamiento embarcado en ese tren, y no finalizará antes de haber transcurrido TRES (3) AÑOS desde la recepción del equipamiento embarcado del último tren, asumiendo obviamente que la plataforma de datos del Adjudicatario estará operativa en esa fecha. En caso contrario, el plazo de 3 años comenzaría a contar desde la fecha de puesta en servicio de la plataforma.

### 10.3 OBLIGACIONES DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

El Adjudicatario suscribirá los acuerdos precisos para que se cumplan las obligaciones y condiciones requeridas en la garantía. Estará sujeto a las siguientes obligaciones:

- Proceder a la reparación totalmente gratuita por el Adjudicatario, de los vicios o defectos que se manifestasen durante el uso normal de los equipos y desarrollos implantados, 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, deberá sustituir los elementos defectuosos por otros de características idénticas o superiores, incluyendo los costes de instalación, configuración y parametrización para su puesta en explotación.
- Implantar aquellas actualizaciones que procedan sobre el software tanto embarcado como de la plataforma de datos y otros elementos dentro del alcance del pliego. Será responsabilidad del Adjudicatario llevar a cabo las actualizaciones que sean necesarias de acuerdo a necesidades de obsolescencia, parches del tipo que sean, sin coste para Metro de Madrid. Para dichas actualizaciones deberá cumplirse lo establecido en los procedimientos internos de Metro de Madrid, así como minimizarse el tiempo de indisponibilidad del equipamiento a actualizar.
- Entregar la información de cada una de las actuaciones realizadas con el grado de detalle indicado por Metro de Madrid, en el soporte y formato facilitado por la misma. Estará obligado, si así se requiere, a la explotación del sistema de gestión de Mantenimiento



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

de Metro de Madrid, registrando en éste toda la información técnica y operativa relativa a todas las incidencias y acciones realizadas.

- Llevar a cabo la investigación, análisis y determinación de actuaciones, para la resolución de problemas repetitivos en los equipos y desarrollos implantados.
- Informar sobre las manipulaciones de los equipos y trenes, de cualquier naturaleza, que tendrán que ser conocidas y autorizadas por Metro de Madrid.

#### **10.4 RATIOS DE SEGUIMIENTO DE GARANTÍA DEL EQUIPAMIENTO EMBARCADO**

El seguimiento de la garantía del equipamiento embarcado se realizará en términos de fiabilidad del equipo y de indisponibilidad del material móvil por causas asociadas al equipo embarcado.

- Se computarán averías y fallos del equipo embarcado en todo el parque. Este indicador se medirá mensualmente, sobre el periodo acumulado de los últimos 3 meses, no admitiéndose un número total de fallos en el parque superior a 2.
- En términos de disponibilidad del material móvil asociada a este equipo, se computarán las averías asociadas al equipamiento embarcado que impidan que un tren pueda prestar servicio o que provoquen una incidencia en línea. El tiempo mínimo entre 2 averías consecutivas no será menor de 12 meses.

No se computarán las averías y fallos debidos a vandalismos o causas no imputables al Adjudicatario. Asimismo, si un equipo concreto presentara un número anormal de averías, se sustituirá por otro nuevo.

#### **10.5 INCUMPLIMIENTO DE RATIOS DE SEGUIMIENTO**

En caso de incumplimiento de los ratios definidos en el apartado anterior, se prolongará en un mes por cada incumplimiento la garantía del equipamiento embarcado así como la prestación del servicio de la plataforma y análisis de datos.

### **11 MEDICIÓN DE RENTABILIDAD Y CALIDAD DEL SERVICIO**

#### **11.1 DISPONIBILIDAD DE SERVICIO DE LA PLATAFORMA**

##### **11.1.1 Indicadores**

La plataforma y el servicio asociado de análisis de datos quedarán disponibles durante un plazo no menor de 3 años, a contar a partir del momento en el que se encuentren todos los trenes



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

integrados en la plataforma y ésta preste servicio dando cobertura a los casos de uso descritos en el anexo VI.

Una vez puesta en servicio, se medirá la disponibilidad de la plataforma en los siguientes términos:

- Caída de la plataforma por causa desconocida, tiempo durante el cual no está disponible para sus usuarios: no deberá ser superior a 3 horas de forma continuada o no continuada, realizándose la agregación en plazos de 24 horas.
- La disponibilidad de la herramienta deberá ser superior al 99% del tiempo, incluyendo actualizaciones programadas y cualquiera que sea la causa del corte en el servicio. Este cómputo será mensual.

Las actualizaciones de la plataforma de datos se deberán realizar fuera del horario comercial de Metro de Madrid, entre las 02:00 y 05:00 y previo aviso a Metro de Madrid de al menos 24 horas. Durante el primer año de servicio de la plataforma, se permitirá como máximo una actualización mensual de más de 3 horas en esa franja horaria sin que se contabilice en las penalizaciones a aplicar.

### **11.1.2 Incumplimiento de los ratios de disponibilidad de servicio**

En caso de incumplimiento de cualquiera de los dos indicadores, se extenderá el plazo de prestación de servicio de la plataforma en un mes por cada incumplimiento.

En el caso de que no transcurran los 3 años mínimos requeridos desde el inicio del servicio de la plataforma con todos los trenes integrados en la misma, se prolongará la prestación de servicio de la plataforma así como de los análisis de datos asociados los meses correspondientes para completar los 3 años.

## **11.2 RENTABILIDAD DEL PROYECTO**

### **11.2.1 KPI de seguimiento**

Se plantean los siguientes KPI y valores objetivo como medición de la rentabilidad perseguida con la implantación del Tren Digital en la flota de Línea 3:

- Reducción del número de incidencias en línea, que se valorará mediante el número de averías que tengan asociado un intervalo mayor de 5 minutos. Se deberán reducir en un 30% las averías con un intervalo asociado mayor de 5 minutos, y en un 20% aquellas con un intervalo asociado mayor de 10 minutos (estas segundas pueden quedar incluidas dentro de las primeras). Se medirá trimestralmente para su seguimiento y revisión de cumplimiento de objetivos.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*



- Reducción del tiempo de resolución de incidencias en línea, que se valorará mediante el tiempo medio de los intervalos asociados a cada avería. El tiempo medio del intervalo asociado no deberá superar 4,5 minutos. Se medirá trimestralmente para su seguimiento así como revisión de cumplimiento de objetivos.
- Mejora en un 5% del MKBF de cada uno de los sistemas objeto de estudio (puertas, cadena de tracción y captación de energía, HVAC, Grupo de producción de aire comprimido). Se medirá trimestralmente para su seguimiento y revisión de cumplimiento de objetivos.
- Desarrollo de un nuevo plan de mantenimiento CBM para su implantación, y estimación de la posible reducción de costes de mantenimiento asociados.

Los valores de referencia sobre los que aplicar los ratios de mejora se definirán al comienzo del Proyecto en función de los valores representativos en ese momento y la posible afección de factores externos al Proyecto, para definir de la forma más objetiva posible los objetivos a alcanzar. No se considerarán en el cómputo de los índices las averías ajenas al material móvil (vandalismos, arrollamientos, vomitonos), pero sí se considerarán aquellas incidencias relacionadas con las instalaciones fijas que puedan ser detectadas por los equipos embarcados y observables a través de los datos del tren y su análisis.

### **11.2.2 Incumplimiento de ratios**

A la finalización del contrato, y previa a la recepción final, se calcularán los valores finales de los KPI según el apartado anterior y se evaluará el cumplimiento de cada uno de los mismos en referencia a los valores objetivo marcados. En caso de no alcanzarse los valores mínimos especificados, se aplicarán las penalizaciones correspondientes según lo recogido en el Pliego de Condiciones Particulares.

## **12 PLANIFICACIÓN**

Teniendo en cuenta todos los trabajos descritos en el presente PPT, Metro de Madrid fija un plazo para la ejecución de los mismos, de **CUATRO años (4)**.

De forma orientativa, el plan de trabajo a seguir deberá cumplir al menos con los siguientes hitos, desglosados para los cuatro años de contrato:

- Finalización año 1:
  - Suministro, instalación y puesta en marcha del hardware embarcado en todos los trenes objeto del contrato
  - Todos los trenes se encuentran dados de alta en la plataforma, enviando datos.
  - La plataforma del Adjudicatario estará totalmente operativa y disponible, dando cobertura a los casos de uso descritos en el anexo VI.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Entrega de especificación técnica detallada que resulte del estudio de redefinición del sistema de clasificación y codificación de tarjetas de averías así como de transacciones SAP en caso de ser necesario.
- Metro de Madrid habrá puesto a disposición del Adjudicatario los sistemas necesarios para que la plataforma del Adjudicatario pueda descargar los datos ingestados de los trenes (*online + batch*)
- Formación que no sea de carácter específico sobre funcionalidades no básicas de la plataforma del Adjudicatario (a desglosar en la Oferta) o bien de funcionalidades que se incorporen en años posteriores
- Se dispondrá del estudio sobre equipos en bus RS-485 y otros equipos para volcado de variables en bus MVB. Identificación de variables necesarias para CBM. Presentación de solución tecnológica para adquisición de datos.
- Definición de hitos específicos sobre los objetivos particulares planteados la Oferta
- Finalización año 2:
  - Integración de datos sobre bus RS-485 en la plataforma y/o de datos adicionales de otros equipos no volcados al MVB.
  - Formación específica sobre aspectos no impartidos en año 1
  - Inicio de acopio de datos previo a estudios CBM y optimizaciones de mantenimiento
  - Puesta en marcha funcionalidades avanzadas sobre plataforma del Adjudicatario (sensorización bogie, pantógrafo, primeros algoritmos como resultado de los análisis hasta la fecha, etc.)
  - Comienzo de la asistencia técnica para el desarrollo y puesta en marcha de plataforma de Metro de Madrid.
  - Primeros resultados preliminares y algoritmos basados en datos hasta la fecha
- Finalización año 3:
  - Ampliación de primeros resultados y algoritmos disponibles con los datos hasta la fecha
- Finalización año 4:
  - Asistencia técnica para el desarrollo y puesta en marcha de plataforma de Metro de Madrid. Finalización de dicha asistencia.
  - Formación pendiente, haciendo hincapié en los aspectos de nuevo desarrollo.



**Una manera de hacer Europa**



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Evaluación del cumplimiento de KPIs de rentabilidad del Proyecto, de garantía y de disponibilidad del servicio para la aplicación de la ampliación correspondiente del servicio.
- Entrega de informes de resultados y conclusiones
- Entrega del plan de mantenimiento CBM con la correspondiente evaluación de reducción de costes de mantenimiento asociados.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES DE MATERIAL MOVIL QUE CIRCULAN POR LÍNEA 3

### 1. SERIES DE MATERIAL MÓVIL

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las series de material móvil existentes actualmente que circulan por Línea 3 (por simplicidad se han excluido los vehículos auxiliares):

SERIE	GALIBO	SUBSERIE	TENSIÓN	COMPOSICIÓN	UNIDADES
S3000	Estrecho	S3000 1ª 6C Mono.	1.500	M1-R1-S1-S2-R2-M2	24
S3000	Estrecho	S3000 1ª 6C Bit.	1.500 / 600	M1-R1-S1-S2-R2-M2	12
S3000	Estrecho	S3000 2ª 6C Mono.	1.500	M1-R1-S1-S2-R2-M2	4

### 2. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LAS SERIES DE MATERIAL MÓVIL

A continuación, se presenta de forma resumida las características tecnológicas de las series de material móvil que circulan por línea 3:

SUBSERIE	Red Tracción	Red Auxiliares	Red Ethernet
S3000 1ª 6C Monotensión.	MVB-ESD+	MVB & 485 (residual)	SMP, GR, VV, VE, ATP
S3000 1ª 6C Bitensión.	MVB-ESD+	MVB & 485 (residual)	SMP, GR, VV, VE, ATP
S3000 2ª 6C Monotensión.	MVB-ESD+	MVB & 485 (residual)	VV, GR, SIV, VE, ATP, Radio, IHM, Registrador

El hardware embarcado objeto de este Pliego deberá disponer de conectividad IEEE 802.11 y 4G/LTE, así como Ethernet para poder conectarse a la red LAN embarcada y al futuro sistema TTBA que se instale en estos trenes.

Leyenda:

- SMP: Toma de mando



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea

- GR: Gestor de ruta
- VV: Video vigilancia
- VE: Video entretenimiento
- ATP: ATP o RTMT
- Radio: Sistema de radiotelefonía
- Registrador: Cesis, Orion
- Red TCN:
  - Principalmente MVB: IEC 61375 MVB ESD+
  - Minoritariamente existen ramas RS 485 en pocos equipos.

La mayor parte de los equipos embarcados disponen de:

- Un puerto de mantenimiento al que conectarse con un PC para extraer registros, actualizar el software o monitorizar:
  - Equipos antiguos: puerto serie 232
  - Equipos modernos: conexión Ethernet (permite actuaciones remotas si se conecta a la LAN embarcada)
- Un puerto de integración con el tren:
  - Equipos críticos (tracción, freno, convertidores, etc.): conexión MVB
  - Equipos auxiliares (Aire acondicionado, SDPI, SIV, etc.): conexión 485
- En el caso de los s3000 1ª y 2ª, si bien gran parte de la información está en la red TCN en el bus MVB (equipos críticos y auxiliares), es imprescindible poder extraer variables de la red 485 para los estudios específicos de algunos de los sistemas.
- En estas series la conectividad fundamental es:
  - MVB: Información de equipos críticos e información relevante de equipos auxiliares.
  - Ethernet: Para extracción de registros en equipos embarcados (ej.: radio, CESIS, etc.) y red IP de Metro de Madrid (TEBATREN).

Generalmente la información que suministran los equipos a través del puerto de integración es mucho menor que la que pueden suministrar a través del puerto de mantenimiento, esto es debido a que dicha información está destinada fundamentalmente a:

- Que el resto de equipos puedan conocer su estado para tomar decisiones
- Informar al conductor en el IHM de anomalías



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

El bus MVB (estándar IEC 61375 con un ancho de banda de 1Mbps) contiene del orden de 16.000 variables, muchas de las cuales a su vez contienen bitsets de 16 bits, lo cual supone una cantidad de información alta.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## ANEXO II: ARQUITECTURAS DE RED TCN EMBARCADA

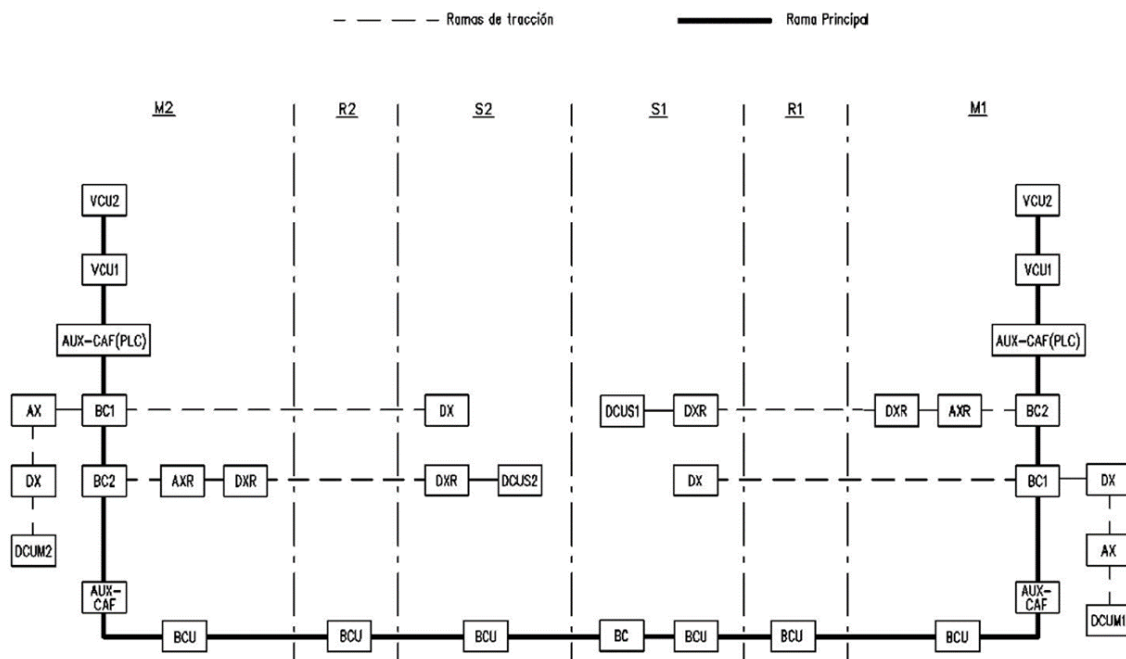
A continuación, se presentan de forma resumida las arquitecturas de red más significativas del material móvil, por simplicidad se han agrupado las series tecnológicamente similares (desde el punto de vista de los buses de comunicaciones):

- s3000 1ª
- s3000 2ª

### 1. Serie 3000 1ª

Cuenta con una red TCN (IEC 61375) con una rama MVB ESD+ serializada que recorre el tren al completo, incluyendo alguno de los equipos auxiliares más importantes, el resto se integran vía RS-485 con el PLC (SICAS) del tren.

En la siguiente imagen se muestra la red TCN, no incluyendo los equipos auxiliares que se conectan por bus RS-485.



A su vez existen redes locales propietarias (RS-485 y Ethernet) para comunicación entre los equipos de un sistema, que no se integran con el resto del tren.

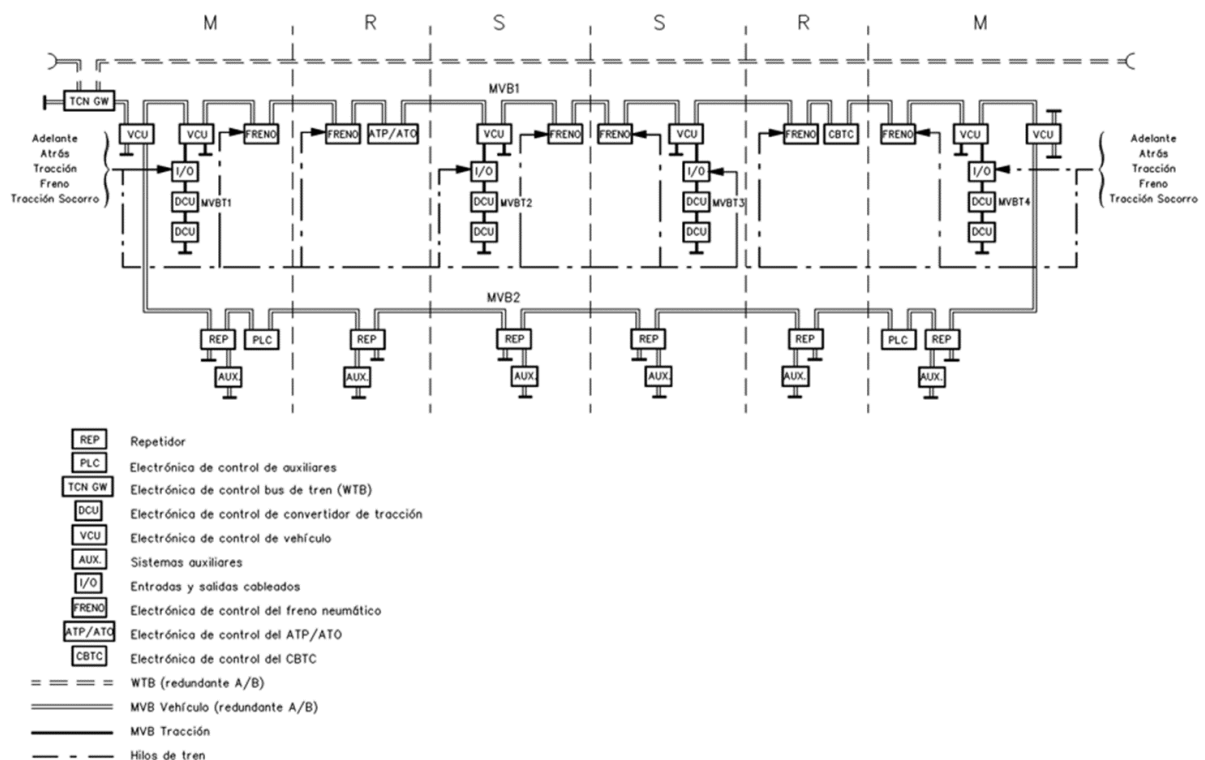
## 2. Serie 3000 2ª

Cuenta con una red TCN ESD+ con una arquitectura algo más compleja que la del 3000-1ª que divide tracción y auxiliares en dos ramas que recorren todo el tren:

- Segmento MVB de tracción
- Segmento MVB de auxiliares

A su vez cada una de estas ramas abre una rama por coche.

En la siguiente imagen se puede apreciar la red TCN completa:



Los puntos a comentar son similares a los del caso anterior:

- Arquitectura muy cómoda de cara a los datos en el bus.
- Existen redes locales (Ethernet y RS-485) para sistemas concretos o para integración de equipos auxiliares.

Como se puede ver en la tabla de la figura, estas series de trenes disponen de la red Ethernet más completa, posibilitando el acceso al puerto de mantenimiento de algunos equipos auxiliares.



## ANEXO III: SENSORIZACION EN EL PANTOGRAFO

Los dispositivos a considerar serán al menos:

- Cámara para auscultar comportamiento contacto catenaria-pantógrafo
- Instrumentación de pantógrafo para medición de aceleraciones y fuerza de contacto

### 1. CAMARA DEL PANTOGRAFO

#### Objetivo

Se requiere disponer de una cámara que permita monitorizar el estado de la catenaria, así como la interacción entre el pantógrafo y la catenaria. Para ello, el sistema dispondrá de una cámara de CCTV destinada a la grabación de la interacción entre el pantógrafo y la catenaria, destinándose únicamente a esta aplicación.

#### Arquitectura y elementos del sistema

En el tren existirán al menos tantas cámaras para este propósito como pantógrafos haya en la composición, debiendo valorarse la necesidad de disponer más de una cámara por pantógrafo si fuera necesario.

Las cámaras serán IP y seguirán el estándar ONVIF.

#### Requisitos funcionales

En el video de la cámara se pegará una etiqueta identificativa de la cámara a la que corresponde (por ejemplo, 3001/P si se trata de la cámara asociada al pantógrafo del coche 3001). Esta etiqueta será retirable por configuración o al exportar el video a un formato reproducible con un player de mercado (i.e. VLC)

El video de cada cámara deberá tener además las siguientes etiquetas:

- La fecha y la hora, sincronizada con la del tren.
- La interestación o estación en la que se encuentre el tren.

El almacenamiento de grabaciones de estas cámaras deberá ser de mínimo 5 días.

#### Requisitos sobre el Hardware

Las cámaras deberán disponer del certificado EN 50155 categoría T3 (o equivalente).

Para la certificación de acuerdo a la EN 50155 (o equivalente), no se admitirá equipo alguno que no haya superado todos los ensayos obligatorios según dicha norma además de los de protección de la envolvente (grado IP) y el ensayo de vida acelerada (que están marcados como opcionales).

Las cámaras deberán contar con una envolvente con un grado de protección IP 68 según la norma EN 60529 (o equivalente). Se deberá prestar especial atención a la carcasa a instalar para proteger esta cámara, por el entorno especialmente hostil en el que deberá trabajar.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

En este sentido, se deberá prestar atención a lo indicado en la tabla 2 de la norma EN 50125-1:2014 (o equivalente).

Las cámaras deberán estar orientada de forma que se visualice de forma nítida el contacto entre el hilo de la catenaria y el frotador del pantógrafo, y sus inmediaciones, de forma que se permita apreciar correctamente el descentramiento de la catenaria, los despegues, arcos, chispazos y otros comportamientos indeseados. Si fuera necesario se incluirá algún dispositivo que incremente la iluminación del contacto catenaria-pantógrafo.

Las cámaras deberán poder visualizar el contacto catenaria-pantógrafo tanto en condiciones de baja iluminación (dentro del túnel) como de alta (en estación o en intemperie).

## **2. MEDICION DE LA FUERZA DE CONTACTO**

Se requiere medir la fuerza de contacto y la aceleración vertical de la mesilla del pantógrafo.

### **Requisitos generales**

- La medición de la fuerza de contacto se realizará en cada pantógrafo con células de carga. Estas deberán estar colocados lo más cerca posible de los puntos de contacto. En el mismo lugar se colocarán los acelerómetros para la compensación de las masas de inercia de los frotadores.
- El sistema de medición debe medir las fuerzas verticales, sin interferencia de fuerzas en otras direcciones.
- El sistema de medición debe ser inmune a las interferencias electromagnéticas.
- La desviación en la medición de los sensores de fuerza debe ser inferior a 10 N.
- El error máximo del sistema de medición debe ser inferior al 10%.
- Hay que tener en cuenta las correcciones a aplicar para corregir la influencia de las fuerzas aerodinámicas
- Los acelerómetros estarán compuestos por elemento sensores de MEMS avanzados para proporcionar una frecuencia estable dentro de una banda de frecuencia de al menos [0/1000] Hz.
- Cada acelerómetro medirá las aceleraciones dentro de un rango de  $\pm 10$  g, con alta sensibilidad (200 mV/g), precisión (0.05 de un Full Scale Output -FSO- no lineal de 0.5%) y resolución a lo largo de cada eje de referencia, alta insensibilidad (menos del 3%) contra las contribuciones transversales no deseadas y la protección contra golpes de alto rango (5000 g).

### **Normativa de referencia**

EN 50317: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente (o equivalente)



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## ANEXO IV: PROTOTIPO DE SENSORIZACIÓN DE BOGIE

El sistema de adquisición deberá poder medir las siguientes magnitudes:

- Aceleración, velocidad, desplazamiento, temperatura, etc. (señales analógicas) en bogie y caja.
- Captura de imagen del contacto rueda-carril.

### 1. OBJETIVOS

- Poder realizar estudios sobre la evolución de parámetros relacionados con la dinámica vehicular.
- Monitorizar el estado de la rodadura (planos de rueda, lazo de bogie, etc.) y componentes del bogie (suspensiones, amortiguadores, etc.) de cara a analizar la viabilidad de implementar sistemas de mantenimiento predictivo.
- Monitorizar el estado de la vía a través de los parámetros dinámicos del tren.
- Llevar a cabo las auscultaciones de dinámica vehicular periódicas.
- Implementación de alertas en la monitorización de los parámetros anteriores y comunicación de las mismas con tierra en tiempo real.

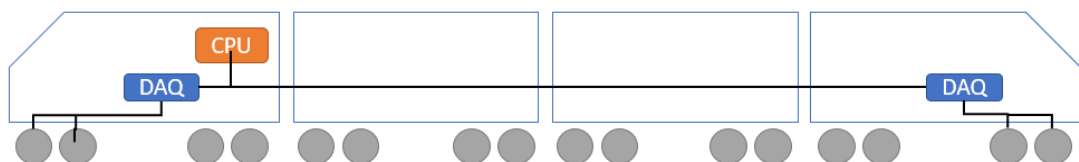
### 2. ARQUITECTURA

El sistema de adquisición contará con la siguiente arquitectura, que será modular y configurable en función del número de sensores por bogie y de bogies que finalmente se instrumenten:

- Sensorización.
- Módulos de adquisición.
- Equipo de registro.

En cuanto al alcance, se plantean las siguientes opciones:

#### OPCIÓN 1 (MÍNIMO)



- Instrumentación de las dos cabezas extremas y únicamente los dos bogies extremos de la unidad
- 2 módulos de adquisición de datos, 1 en cada cabeza.
- Número de canales para cada módulo:



Una manera de hacer Europa

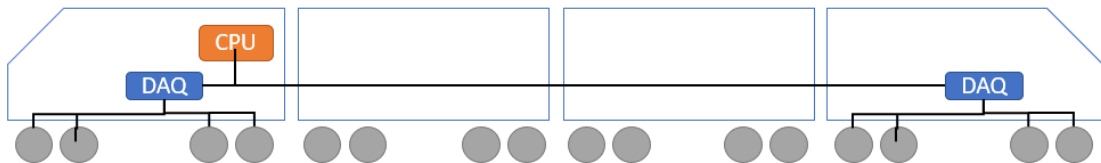


UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Cofinanciado por la Unión Europea

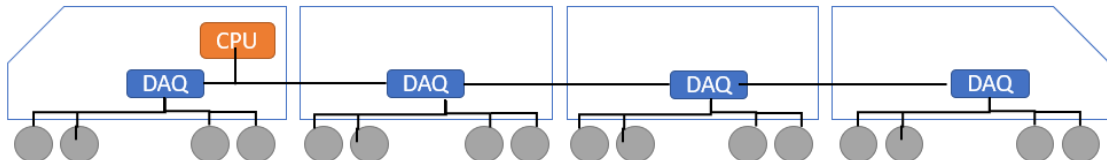
- 3 canales para acelerómetros en bogie.
- 3 canales para acelerómetros en recinto de viajeros.
- 6 reserva (mínimo 3).

## OPCIÓN 2



- Instrumentación de los **dos bogies de las dos cabezas extremas**
- 2 módulos de adquisición de datos, 1 en cada cabeza.
- Número de canales para cada módulo:
  - 6 canales para acelerómetros en ambos bogies
  - 3 canales para acelerómetros en recinto de viajeros.
  - 6 reserva (mínimo 3).

## OPCIÓN 3



- Instrumentación de los dos bogies de **todos los coches**
- 1 módulo de adquisición de datos por cada coche.
- Número de canales para cada módulo:
  - 6 canales para acelerómetros en ambos bogies.
  - 3 canales para acelerómetros en recinto de viajeros.
  - 6 reserva (mínimo 3).

Aunque no se monten equipos de adquisición en otros coches que no sean los extremos, la preinstalación (alimentación y datos) debe estar disponible en todos los coches, de tal modo que pueda desmontar el equipo de adquisición de un coche extremo y montarlo en otro coche intermedio.

### 3. REQUISITOS GENERALES

El sistema de adquisición deberá cumplir con la norma UNE-EN50155 (o equivalente).

El equipo debe ofrecer una elevada protección frente a polvo y agua que garantice su montaje en el exterior de la caja de un vehículo ferroviario sin que sufra deterioro alguno. Dicha protección debe ser como mínimo IP65 según norma EN 60529 (o equivalente).

El equipo deberá ser suficientemente robusto como para soportar impactos de hasta 100g según norma EN 60068-2-27:2009 o equivalente y resistente a vibraciones continuas de hasta 40g según el método 214A de la norma MIL-STD-202G (o ediciones posteriores de la misma) o equivalente.

El equipo deberá poder trabajar en entornos con temperaturas que se encuentren entre -20 °C y +70 °C y con una humedad relativa entre el 5% y el 100%.

Se debe incluir una acción formativa que cubra los siguientes aspectos:

- El montaje/desmontaje del equipo.
- Uso del software de adquisición de datos.
- Uso de la interfaz para lanzar/detener registros en remoto.
- Uso de la herramienta de procesamiento de datos enviados por tren/tierra.

Al margen de la opción que se implemente, las características de los equipos involucrados en el sistema de adquisición serán comunes para todas ellas y serán las siguientes:

#### ***Sensorización (acelerómetros)***

Los acelerómetros tendrán las siguientes características mínimas:

- Acelerómetros en recinto de viajeros:
  - Uniaxiales capacitivos.
  - Fabricante: TE Connectivity Measurement Specialties ([www.te.com](http://www.te.com)).
  - Modelo: 4610A o equivalente de este u otro fabricante, que tenga unas características similares.
  - Rango:  $\pm 2$  g ( $\pm 2,5$  V).
  - Ancho de banda: 0 - 500 Hz ( $\pm 5\%$ ).
  - Sensibilidad: 1000 mV/g.
- Acelerómetros en bogie:
  - Uniaxiales capacitivos.
  - Fabricante: TE Connectivity Measurement Specialties ([www.te.com](http://www.te.com)).



**Una manera de hacer Europa**



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Modelo: 4810A o equivalente de este u otro fabricante, que tenga unas características similares.
- Rango:  $\pm 50$  g ( $\pm 2,5$  V).
- Ancho de banda: 0-1000 Hz ( $\pm 5\%$ ).
- Sensibilidad: 40 mV/g.

Tendrán la siguiente posición en cada coche:

- Acelerómetros en bogie:
  - aceleración transversal en bastidor de bogie sobre eje 1.
  - aceleración transversal en bastidor de bogie sobre eje 2.
  - Aceleración transversal en caja de grasa sobre eje 1 (más extremo).
- Acelerómetros en recinto de viajeros:
  - Aceleración longitudinal en el suelo sobre el pivote delantero (o punto cercano).
  - Aceleración transversal en el suelo sobre el pivote delantero (o punto cercano).
  - Aceleración vertical en el suelo sobre el pivote delantero (o punto cercano).

Adicionalmente se registrará en el mismo registro la velocidad del tren, así como la posición del tren a lo largo de la línea. Esta información puede obtenerse del sistema de señalización del tren.

#### ***Conexión acelerómetros - módulo de adquisición (DAQ)***

Los cables serán Belden 4504FE Halogen Free 70 °C 6C22 Shielded, 340A CABLE ASSEMBLY TE o equivalente de este u otro fabricante con características similares.

Conectores: un extremo compatible con acelerómetros MEAS modelo 4810A. El otro con conector DSUB9 hembra con los pines siguientes

Función	N.º de pin
Alimentación +	1
Alimentación -	8
Señal +	2
Señal -	7
Masa	Carcasa del conector



***Una manera de hacer Europa***



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

### **Cámaras**

Las cámaras serán IP y seguirán el estándar ONVIF.

### **Módulos de adquisición de datos**

Módulos KRYPTON DAQ (Dewesoft): Se elegirán los módulos en función del número de canales final así que incluirán tanto el número de módulos necesarios, así como el número de canales por módulo para dar cobertura a los sensores requeridos. Podrán ser módulos de adquisición de datos, de este u otro fabricante, siempre y cuando tengan características similares.

Las entradas de los sensores a los módulos serán de tipo DSUB9.

Los módulos irán conectados mediante cable ETHERCAT entre sí a lo largo de la unidad.

El rango de medida en cada uno de los canales deberá ser configurable de forma independiente, con varios valores predeterminados comprendidos como mínimo entre  $\pm 1$  V y  $\pm 10$  V.

El equipo deberá tener las siguientes prestaciones mínimas en cuanto a precisión:

- De entrada:  $\pm 0,03\%$ .
- De lectura:  $\pm 0,02\%$ .
- De rango:  $\pm 0,1$  mV.

El error de sincronización entre los distintos canales debe ser inferior a 1 muestra, independientemente de la frecuencia de muestreo.

La resolución máxima de cada canal será de al menos 24 bits y la frecuencia máxima de muestreo, igual o superior a 10.000 Hz y contando al menos con los valores predefinidos de 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz y 2.000 Hz.

Para garantizar la integridad del equipo, los canales deberán estar protegidos contra sobretensiones.

Para la alimentación de los sensores, el equipo ofrecerá distintos niveles predefinidos de voltaje en corriente continua comprendidos entre 0 V y 15 V.

Los módulos de adquisición deben ofrecer la posibilidad de aplicar filtros *antialiasing* de forma completamente configurable para cada canal de adquisición sin la adición de ningún dispositivo externo.

Cada uno de los canales deberá ser compatible, entre otros, con este tipo de sensores:

- Sin ningún tipo de adaptador adicional: sensores analógicos con señal en tensión y puentes (completo, 1/2 y 1/4).



**Una manera de hacer Europa**



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Otros: IEPE; carga, LVDT, sensores analógicos con señal en corriente y termopares.

### ***Equipo de registro***

El equipo de registro podrá ser el Dewesoft KRYPTON CPU o un equipo equivalente de otro fabricante, siempre y cuando cumpla con las siguientes características:

- El equipo de registro deberá tener la capacidad de almacenamiento (al menos 24 horas con todos sus canales activos, 24 bits y 2.000 Hz de frecuencia de muestreo).
- Al margen del propio software de Dewesoft (o del fabricante que corresponda) para poder realizar la adquisición y el procesado, el equipo de registro deberá tener sistema operativo Windows, donde se puedan instalar aplicaciones propias y comerciales para poder realizar postprocesado con los datos registrados.
- El equipo de registro deberá tener la capacidad de conexión remota a través de la red LAN para envío de información, inicio/parada de toma de registros, manejo del equipo embarcado y posibilidad de instalación de aplicaciones propias.
- El registrador, además de almacenar los datos registrados, permitirá realizar postprocesados de las señales, cálculo de índices de alertas a partir de los parámetros registrados, que se definirán más adelante en el Proyecto y poder transmitir la información en tiempo real mediante el sistema tren-tierra a la PT.

## **4. REQUISITOS SOFTWARE**

El software incluido en el equipo no supondrá un gasto adicional para Metro de Madrid en ningún caso, debe ser compatible con el sistema operativo Windows 10, podrá instalarse en cuantos equipos se desee y deberá poder actualizarse de manera gratuita de por vida.

Este software deberá permitir adquirir, registrar, procesar y analizar los datos obtenidos de los registros, tanto en tiempo real como en diferido.

Además, el software debe garantizar el control total del proceso de medida, así como los de generación, edición y gestión de máscaras para la adquisición de datos.

El software debe garantizar la elección de todos los valores predefinidos para los distintos campos de configuración.

El software debe contener una base de datos donde se puedan almacenar todos los sensores con sus valores y fechas de calibración. Dicha base de datos debe poder ser modificada por el usuario de manera rápida, sencilla e intuitiva.

Las máscaras generadas deben permitir la realización de operaciones matemáticas y procesado de la señal, mostrando su resultado en tiempo real e incluyendo además la posibilidad de mostrar avisos cuando alguno de los parámetros definidos supere algún límite propuesto.



***Una manera de hacer Europa***



*Cofinanciado por la Unión Europea*



Se deberá poder configurar un filtro *antialiasing* en cualquiera de los canales a través del software.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## **ANEXO V: SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CIBERSEGURIDAD. REQUISITOS DE CIBERSEGURIDAD PARA PROVEEDORES**

### **1. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA**

Se toman de referencia las siguientes normas (o equivalentes):

- UNE-EN ISO/IEC 27001:2017 Tecnología de la Información – Técnicas de Seguridad – Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información– Requisitos.
- UNE-EN ISO/IEC 27002:2017 Tecnología de la Información – Técnicas de Seguridad – Código de Prácticas para los Controles de Seguridad de la Información.
- UNE-EN IEC 62443-3-3:2020 Redes de comunicaciones industriales Seguridad de la red y del sistema – Parte 3-3: Requisitos de seguridad del sistema y niveles de seguridad.
- TS 50701:2019 (draft) - Railway applications - Cybersecurity
- Abstract - Obligaciones de los prestadores de servicios a las entidades públicas: Documento publicado por el CCN-CERT.
- Guía sobre controles de seguridad en sistemas OT publicada por la Secretaría de Estado de Seguridad – Ministerio del Interior – Gobierno de España.
- Guía CCN-STIC 823 – Utilización de servicios en la nube

### **2. OBJETO**

El objeto de este anexo es describir los requisitos mínimos en materia de ciberseguridad que deben cumplir los proveedores de Metro de Madrid, debiendo por tanto cumplirse por el Adjudicatario.

### **3. ALCANCE**

El presente procedimiento aplica a:

- Proveedores de tecnologías de la información, tecnologías de la operación y de comunicaciones que presten servicios para Metro de Madrid.
- Sistemas de información de Metro de Madrid. Esto incluye, entre otros:
  - Tecnologías de la Información (IT).
  - Tecnologías de la Operación (OT).
  - Sistemas de Comunicación y telecomunicaciones.
  - Los datos y la información propiedad de Metro de Madrid.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## **4. REQUISITOS GENERALES**

### **4.1. MARCO DE REFERENCIA PARA LA GESTIÓN DE LA CIBERSEGURIDAD**

El Adjudicatario:

- Deberá cumplir con las directrices establecidas en la Política de Ciberseguridad de Metro de Madrid.
- Deberá disponer de una metodología formal de gestión de la ciberseguridad (políticas, normas, procedimientos, etc.) la cual deberá ser aplicada durante todas las fases del ciclo de vida de los productos y/o servicios objeto del contrato.
- Abordará la gestión de la ciberseguridad desde un enfoque basado en el riesgo.
- Identificará claramente los controles de ciberseguridad (físicos, lógicos, procedimentales, entre otros) que aplicará al producto/servicio.
- Verificará y demostrará, según sea necesario, que la implementación de los mismos no afecte desfavorablemente a la conectividad, la latencia, el ancho de banda, el tiempo de respuesta y al rendimiento.

### **4.2. INFORMACIÓN SOBRE LA ARQUITECTURA DE SEGURIDAD**

El Adjudicatario deberá aportar la información necesaria sobre el sistema que soporta los servicios, respecto a la arquitectura de seguridad, con el objeto de facilitar a Metro de Madrid el cumplimiento de sus obligaciones, tales como la realización del Análisis de Riesgos de Ciberseguridad o el subsiguiente Plan de Tratamiento de Riesgos.

Asimismo, aportará los diagramas de red, esquemas de elementos físicos, esquemas de interconexión y esquemas lógicos de sistemas que detallen la infraestructura física y lógica de la que forma parte el producto / servicio objeto de contratación.

De esta forma, Metro de Madrid podrá delimitar las dependencias entre los diferentes activos y analizar las potenciales amenazas que se podrían materializar sobre los sistemas de información.

### **4.3. SEGURIDAD EN EL CICLO DE VIDA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

El Adjudicatario deberá integrar los requisitos de ciberseguridad establecidos en el presente documento, en las distintas fases del ciclo de vida de los productos y/o servicios objeto del contrato.

Asimismo, durante la fase de diseño, el Adjudicatario deberá realizar una caracterización de amenazas; esto es, la definición de las principales áreas/puntos donde el sistema de información -instalaciones, sistemas, comunicaciones, aplicaciones o cualquier otro punto susceptible de ser atacado- es vulnerable. Una vez identificadas estas áreas, se deberán seleccionar las medidas más adecuadas para mitigar las amenazas detectadas.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

#### 4.4. SEGURIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El Adjudicatario deberá:

- Disponer de una documentación que detalle claramente los elementos que forman parte de la cadena de subcontratación, así como las implicaciones derivadas de cualquier cambio o modificación que pueda sufrir algún eslabón de dicha cadena.
- Asegurar que los sistemas de información de las empresas subcontratadas cumplen con los requisitos de ciberseguridad establecidos en el presente documento.
- Garantizar que los riesgos de terceras partes son controlados mediante el establecimiento de una metodología de gestión de la ciberseguridad.
- Garantizar que los controles de la cadena de suministro protejan los sistemas de información durante todas las fases del ciclo de vida de los mismos (diseño, despliegue, transporte, explotación, mantenimiento y desmantelamiento).

#### 4.5. INCIDENTES DE CIBERSEGURIDAD

Metro de Madrid tiene la obligación de notificar los incidentes de ciberseguridad que le afecten.

En este sentido, el Adjudicatario deberá notificar al Responsable de Seguridad de la Información de Metro de Madrid, a la mayor brevedad posible, los incidentes de ciberseguridad que puedan afectar la seguridad de los sistemas objeto del servicio o de la plataforma tecnológica de Metro de Madrid.

Para ello, el Adjudicatario definirá un procedimiento para la detección, notificación y tratamiento de incidentes de ciberseguridad. Todo el personal involucrado en los trabajos deberá ser formado en estos procedimientos.

A su vez, el Adjudicatario deberá colaborar con Metro de Madrid en la resolución de incidentes de seguridad que afecten a los productos y/o servicios objeto del contrato, a fin de calibrar el impacto del incidente y definir las medidas necesarias de contención, mitigación, respuesta y recuperación.

#### 4.6. UBICACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos e información propiedad de Metro de Madrid (documentos, ficheros, planos, datos almacenados en sistemas, etc.) serán tratados de acuerdo a su nivel de confidencialidad y según lo establecido en los procedimientos de clasificación y tratamiento de la información de Metro de Madrid.

Por otro lado, en aquellos casos en los que los datos se alojen en sistemas del prestador del servicio, o de terceras partes subcontratadas por este, el Adjudicatario deberá:



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Informar a Metro de Madrid sobre la ubicación geográfica de los datos (incluido copias de seguridad (backups) y almacenamiento de logs), antes y durante el suministro del servicio.
- Indicar las medidas de seguridad física asociadas a las instalaciones desde las que se prestan los servicios.

#### **4.7. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE DE PROTECCIÓN DE DATOS**

En aquellos casos en los que los servicios prestados impliquen el tratamiento de datos personales, será necesario la implementación de funcionalidades que garanticen el cumplimiento de la normativa vigente por parte de la entidad pública cliente. Por ejemplo, medidas destinadas a cumplir con los principios básicos del tratamiento y que permitan garantizar los derechos de los interesados (acceso, rectificación, supresión, bloqueo de datos, etc.).

Además de lo anterior, cuando resulte procedente, el proveedor de servicios estará obligado a cumplir las obligaciones que establece la normativa de protección de datos para los Encargados de Tratamiento.

#### **4.8. PROPIEDAD INTELECTUAL**

Los desarrollos a medida realizados por el Adjudicatario en el marco del contrato serán propiedad de Metro de Madrid.

La titularidad del desarrollo afecta no sólo al producto final, sino al conjunto de trabajos, bocetos, esquemas, documentos previos, diagramas de flujo y, en conjunto, todos y cada uno de los trabajos susceptibles de ser objeto de propiedad intelectual e industrial realizados para el desarrollo.

#### **4.9. FINALIZACIÓN DEL CONTRATO**

El Adjudicatario deberá definir e implementar mecanismos que garanticen la portabilidad de la información con el objetivo de facilitar a Metro de Madrid el proceso de gestión del cambio ante el cese o baja de los servicios suministrados por parte del mismo.

Asimismo, el Adjudicatario deberá certificar que, al causar baja el servicio suministrado, los datos almacenados en sus sistemas, o en sistemas de terceras partes subcontratadas, han sido eliminados de manera segura una vez finalizado el proceso de portabilidad.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

#### 4.10. CLÁUSULA DE CONFIDENCIALIDAD

El Adjudicatario:

- Firmará un acuerdo de confidencialidad en el que se comprometa a no revelar información de Metro de Madrid, tanto durante la duración del contrato como después de la finalización del mismo.
- Establecerá los mecanismos de control necesarios para asegurar que sus empleados y terceras partes contratadas por este, cumplen con lo establecido en el acuerdo de confidencialidad.
- No deberá publicar en su página web ni en cualquier otro foro público o privado, información que haga referencia a Metro de Madrid (productos / servicios implementados; proyectos realizados, etc.), salvo que, previamente, se cuente con la autorización expresa del Responsable de Seguridad de la Información de Metro de Madrid.

#### 5. REQUISITOS ESPECÍFICOS

El Adjudicatario deberá cumplir las directrices indicadas en los siguientes apartados.

##### 5.1. CONTROL DE ACCESOS LÓGICOS:

Se deben aplicar controles de acceso en todos los niveles de la arquitectura y topología de los Sistemas de Información. Esto incluye, al menos:

- Redes y servicios de red;
- Plataformas o sistemas operativos;
- Bases de datos;
- Aplicaciones.

##### 5.1.1 Control de Acceso a Redes y Servicios de Red

- El acceso a la red deberá estar controlado por mecanismos de autenticación y autorización que serán de aplicación tanto para equipos como para usuarios y aplicaciones.
- Se deberá garantizar que los equipos, usuarios y aplicaciones no pueden acceder a segmentos de la red donde no tienen permiso para realizar ninguna operación. No se permitirá el acceso a un segmento de red o elemento de red hasta que exista una aprobación expresa a tales efectos.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Todos los equipos conectados a la red de Metro de Madrid deben ser identificados mediante la MAC de la tarjeta de red, certificado digital u otros medios de identificación segura que garanticen la identificación unívoca de los mismos.
- El Adjudicatario no deberá conectar equipos de su propiedad a la red de Metro de Madrid, salvo casos excepcionales en los que se cuente con la autorización expresa del Responsable de Seguridad de la Información de Metro de Madrid.
- Se emplearán elementos de seguridad de red, o sus medidas compensatorias correspondientes, para garantizar o auditar las conexiones de los usuarios, tanto desde redes internas como desde redes externas.
- Los puertos de diagnóstico de los sistemas de Metro de Madrid deben permanecer controlados y protegidos frente accesos no autorizados tanto a nivel físico como lógico. El acceso y configuración de los puertos lógicos y físicos de los dispositivos y sistemas, deben ser restringidos a los administradores y personal de mantenimiento.

#### 5.1.2 Control de Acceso a Sistemas Operativos, Bases de Datos y Aplicaciones

- El acceso a las aplicaciones y bases de datos deben de ser independientes del acceso al sistema operativo que las contiene.
- Sin perjuicio de otros mecanismos más robustos, todos los sistemas de información de Metro de Madrid deben contar con un sistema de validación de usuarios mediante usuario y contraseña.
- Los permisos deberán asignarse, tanto a los usuarios como a las aplicaciones, en la base de necesidad de uso, y en la base de caso por caso, imperando el principio de prohibición de todo excepto lo estrictamente necesario.
- No se permite el uso de identificadores de grupo o genéricos, salvo cuando sea estrictamente necesario y por razones operacionales. Bajo estas circunstancias, toda excepción deberá estar debidamente justificada y aprobada formalmente por el Responsable de Seguridad de la Información de Metro de Madrid, aplicando los controles de seguridad compensatorios.
- Los sistemas cuyo método de autenticación sea por usuario y contraseña, deben disponer de un mecanismo de gestión de contraseñas configurable que permita definir, entre otros:
  - Longitud de la contraseña
  - Periodo de caducidad
  - Número de intentos fallidos
  - Complejidad de la contraseña
- Las contraseñas se almacenarán en bases de datos encriptadas. Asimismo, no se almacenarán contraseñas en ficheros, código de desarrollo o en cualquier tipo de documentación tanto si está en formato impreso como electrónico.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- En aquellos casos en los que los sistemas se alojen en las instalaciones del prestador del servicio, o de terceras partes subcontratadas por este, el Adjudicatario establecerá, de forma conjunta con Metro de Madrid, los procedimientos de control de acceso los cuales deberán contemplar al menos:
  - Gestión de solicitudes de alta, baja y modificaciones de usuarios y permisos.
  - Gestión de incidencias relacionadas con el desbloqueo de usuarios y reseteo de contraseñas.
  - Gestión de incidencias relacionadas con los permisos dentro de la aplicación.

## **5.2. REGISTROS DE ACTIVIDAD:**

- Se deberán implantar mecanismos de registro de actividades (logs) que almacenen los datos generados por las actividades de sistemas, redes, aplicaciones en relación con los administradores, operadores y usuarios base de los sistemas de información. Estos mecanismos de registro deben permanecer activos siempre que dichos sistemas, redes y aplicaciones se encuentren operativos.
- El registro de actividad deberá guardar (siempre que sea posible) la siguiente información:
  - Identificación de código de usuario.
  - Identificación de nodo.
  - Fecha y hora de entrada y salida de cada sesión del sistema.
  - Aplicaciones invocadas.
  - Cambios en los datos de los archivos de configuración de las aplicaciones críticas.
  - Adiciones o cambios de los privilegios de los usuarios.
  - Modificaciones en los controles del sistema.
  - Fecha y hora de inicio y fin del acceso al sistema de información.
  - Intentos de acceso no autorizados.
  - Uso de comandos privilegiados y de software del sistema.
- En el caso de que se traten datos de carácter personal sensibles deberá registrarse la siguiente información:
  - Identificación del usuario.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*



- Fecha y hora.
  - Fichero accedido.
  - Tipo de acceso.
  - Si el acceso ha sido autorizado o denegado.
  - En caso de accesos autorizados, la información que permita identificar el registro accedido.
- El Adjudicatario definirá, de forma conjunta con Metro de Madrid, la información a guardar en los registros de actividad de cada sistema.
  - El acceso a las rutas de auditoría y los archivos de registro (logs) estará disponible sólo para usuarios autenticados y autorizados. Además, los archivos de registro (logs) serán inalterables.
  - En aquellos casos en los que los sistemas se alojen en las instalaciones del prestador del servicio, o de terceras partes subcontratadas por este, el Adjudicatario deberá:
    - Disponer de registros de actividad de los usuarios y sistemas que permitan monitorizar, analizar, investigar y documentar acciones indebidas o no autorizadas, tanto a nivel operativo como de administración.
    - Proveer a Metro de Madrid el detalle de los registros de actividad cada vez que sean solicitados.
    - Establecer el procedimiento a seguir para el registro y tratamiento de los logs (Información a registrar, periodicidad de la consolidación y envío de datos a Metro de Madrid, período de retención de los registros, mecanismos implementados para la protección de los registros de actividad, etc.)

### **5.3. GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN**

Todo cambio a realizar en los sistemas de Metro de Madrid deberá ser realizado siguiendo los procedimientos de gestión de cambios y gestión de la configuración establecidos por Metro de Madrid.

Asimismo, en aquellos casos en los que los sistemas se alojen fuera de las instalaciones de Metro de Madrid, el Adjudicatario deberá definir y comunicar a Metro de Madrid los procedimientos a seguir para la gestión de cambios y gestión de la configuración.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

#### 5.4. CLAVES CRIPTOGRÁFICAS

- El Adjudicatario implementará sistemas criptográficos para proteger la confidencialidad, integridad, autenticación, autorización y no repudio de los dispositivos y los flujos de datos.
- El cifrado simétrico tendrá como mínimo la robustez aportada por con longitud de la clave de al menos 128 bit. Como mínimo se utilizará el modo CBC.  
Para el intercambio de claves se utilizará el algoritmo Diffie-Hellmann. La longitud de la clave será de al menos 3072 bits (grupo 15).

Para la encriptación de clave pública (cifrado de clave asimétrica) se utilizará el algoritmo RSA. La longitud de las claves será de al menos 3072 bits.

Para la autenticación de clave pública se utilizarán los algoritmos RSA o DSA. La longitud de la clave será de al menos 3072 bits.

Para las validaciones de hash o de integridad se utilizará la versión SHA-256 o superior o bien el nivel de cifrado que en el momento de adjudicación sea la solución tecnológica más adecuada o aquel que sea requerido de forma específica por una reglamentación específica del ámbito ferroviario.

Para verificar la integridad de un archivo, se utilizará la versión SHA-1 o superior.

- El Adjudicatario deberá proporcionar documentación adecuada que describa los sistemas criptográficos implementados, así como los manuales apropiados para operaciones y mantenimiento.
- En caso de conservar claves criptográficas en la infraestructura del proveedor, este pondrá en conocimiento de Metro de Madrid las medidas implementadas para proteger las mismas durante todo su ciclo de vida (generación, transporte, custodia, retirada y destrucción).

#### 5.5. CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD

El Adjudicatario deberá:

- Configurar los sistemas de información (servidores, redes, ordenadores y equipos, etc.) tomando como referencia las guías de bastionado publicadas por los fabricantes de los diferentes productos, así como también las disponibles en Metro de Madrid y las publicadas por el CCN-CERT o cualquier otro organismo oficial en materia de ciberseguridad.
- Documentar la configuración asociada a cada sistema, así como también el detalle de guías aplicadas. Entre otros, se deberán especificar los puertos y servicios requeridos para el funcionamiento del sistema.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Deshabilitar o eliminar cuentas y contraseñas por defecto.
- Aplicar la regla de “mínima funcionalidad”:
  - El sistema debe proporcionar la funcionalidad requerida para que la organización alcance sus objetivos y ninguna otra funcionalidad.
  - Se deben segregar las funciones de administración, operación y auditoría. Asimismo, se definirán perfiles de acceso específicos para cada una de estas funciones, los cuales tendrán los permisos mínimos necesarios.
  - Se debe desactivar mediante el control de la configuración, aquellas funciones que no sean de interés, no sean necesarias, e incluso aquellas que sean inadecuadas al fin que se persigue.
- Aplicar la regla de “seguridad por defecto”.
- Deshabilitar todos aquellos protocolos de red innecesarios en el sistema y limitar el uso de los mismos al mínimo.
- Deshabilitar o eliminar los servicios, componentes de software y herramientas de configuración o diagnóstico instalados en equipos o dispositivos de red cuyo uso no sea necesario para los propósitos de Metro de Madrid.
- Eliminar todos los datos y archivos de configuración no utilizados.
- Proteger la BIOS de cambios no autorizados en la misma, en aquellos equipos que dispongan de dicho elemento. En el caso en que se requiera un cambio de la BIOS, el Adjudicatario dispondrá y proporcionará a Metro de Madrid un procedimiento para realizar dicho cambio.

## **5.6. SEGURIDAD DE LAS COMUNICACIONES**

- Todos los servicios publicados al exterior de la intranet de Metro de Madrid deben estar publicados en la red frontera de Metro de Madrid (DMZ).  
En el caso de sistemas o plataformas que por razones operacionales no puedan cumplir con esta directriz, se seguirán las siguientes premisas:
  - Se aplicarán controles de seguridad compensatorios para mitigar el riesgo asociado.
  - Se justificará y documentará la excepción.
  - La excepción deberá estar aprobada por el Responsable de Seguridad de la Información de Metro de Madrid.
- Todas las aplicaciones web deben ser accesibles únicamente mediante protocolo seguro TLS con versión recomendada en el momento de la implementación por el CCN u otro organismo oficial en materia de ciberseguridad.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Se deberán emplear protocolos considerados como seguros y soluciones específicas destinadas a tal efecto.
- El acceso a base de datos debe cifrarse en el canal de transporte. Para ello debe habilitarse la opción correspondiente en la cadena de conexión a la base de datos.
- En el lado servidor debe disponerse de certificado SSL expedido por una Autoridad de Certificación confiable.
- La red de Metro de Madrid deberá estar segmentada adecuadamente, a través de dispositivos físicos o lógicos, y de acuerdo a los criterios del negocio y las necesidades para garantizar la Ciberseguridad. Se debe garantizar que exista:
  - Control de entrada de los usuarios que llegan a cada segmento.
  - Control de salida de la información disponible en cada segmento.

### **5.7. REDES INALÁMBRICAS**

En el caso en que los sistemas de información hagan uso de redes WIFI corporativas, estas deberán contar con las siguientes medidas de seguridad:

- El sistema debe ser capaz de:
  - Autenticar en sistemas de autenticación centralizada como servidores RADIUS utilizando canales seguros.
  - Adquirir una IP mediante DHCP para cada cliente / dispositivo en cada una de las distintas redes.
- Configurar los clientes para utilizar los protocolos seguros estándar recomendados por los organismos oficiales en el momento de la implantación y soportados por la infraestructura existente en Metro de Madrid.

### **5.8. CONTROL DEL SOFTWARE MALICIOSO**

El Adjudicatario implementará en los equipos las medidas técnicas y procedimentales que sean necesarias para prevenir la infección por software malicioso (malware) y evitar su propagación en caso de infección.

En cuanto a las medidas técnicas, los sistemas deberán contar con capacidades antivirus. En aquellos casos en los que esto no sea posible, el Adjudicatario implementará los controles compensatorios que sean necesarios para proteger los sistemas contra el software malicioso.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 5.9. DESARROLLO DE SOFTWARE

- El Adjudicatario deberá implementar una metodología de desarrollo seguro durante todo el ciclo de vida del desarrollo del software. Asimismo, informará a Metro de Madrid cuál es la metodología utilizada. En el caso de que no se trate de una metodología estándar del mercado, se indicará de forma detallada las características principales de la misma.
- Toda la actividad de desarrollo de aplicaciones, se realizará en un entorno aislado y en un sistema diferente al de producción.
- En los entornos de producción se prohibirá la existencia de herramientas o de datos pertenecientes a los entornos de desarrollo y, en general, todo software que no sea necesario para la ejecución de sus aplicaciones productivas.
- Se permitirá la inspección del código fuente tanto durante el desarrollo como durante la vida útil del software.
- El Adjudicatario deberá demostrar que los sistemas a implementar en el marco del contrato están libres de malware, vulnerabilidades o debilidades resultantes de procesos inseguros de desarrollo y/o pruebas.
- El Adjudicatario entregará a Metro de Madrid el código fuente de los desarrollos realizados éste, así como también la documentación de diseño que se considere necesaria para facilitar futuras modificaciones del software.
- Si se utiliza un lenguaje que no sea compilado, deberá asegurarse la limpieza del código que se pone en producción, para que no contenga rutinas de pruebas, comentarios o cualquier tipo de mecanismo que pueda dar lugar a un acceso indebido.
- Respecto al diseño de los aplicativos o sistemas, se contemplará que, al menos:
  - Dispongan de mecanismos de identificación y autenticación de usuarios, diferenciando los privilegios en cada uno de los entornos existentes, de producción y de desarrollo.
  - Dispongan de mecanismos de protección de la información tratada, conforme al nivel de seguridad de la misma.
  - Dispongan de generación y tratamiento de logs para auditorías.
- El Adjudicatario deberá realizar pruebas del software desarrollado las cuales considerarán, entre otros, inspecciones de seguridad de servicio o código:
  - Fugas de información.
  - Puertas traseras de acceso.
  - Escalado de privilegios.
  - Pruebas de desbordamiento de registros.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## **5.10. GESTIÓN DE VULNERABILIDADES**

Durante todo el ciclo de vida del contrato y el periodo de garantía, el Adjudicatario deberá:

- Notificar cualquier defecto que afecte la ciberseguridad de los Sistemas de la Información de Metro de Madrid tan pronto como éste tenga conocimiento de tal fallo. La notificación incluirá, aunque no está limitada a: documentación detallada de la vulnerabilidad, su causa raíz y correctivas.
- Proporcionar actualizaciones de software, parches, hardware, servicios y/o soluciones alternativas adecuadas para resolver o mitigar (caso que no sea posible resolver) todas las vulnerabilidades asociadas con los Trenes y Equipos, manteniendo el nivel establecido de Seguridad de la Información y de los Sistemas de la Información.
- El Adjudicatario deberá establecer un proceso de actualización de software siempre que sea posible.
- Informar de todas aquellas vulnerabilidades detectadas, y que puedan afectar a los sistemas de Renfe, fuera del ciclo de vida del contrato o del periodo de garantía. Y, en caso de conocerlas, indicar las medidas para mitigarlas.

## **5.11. CAPACIDADES DE COPIA DE SEGURIDAD Y RESTAURACIÓN**

En aquellos casos en los que la realización de copias de seguridad es responsabilidad del Adjudicatario, el mismo deberá definir, de forma conjunta con Metro de Madrid, el procedimiento de copias y restauración el cual deberá contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Alcance de los respaldos.
- Política de copias de seguridad.
- Medidas de cifrado de información en respaldo.
- Procedimiento de solicitud de restauraciones de respaldo.
- Realización de pruebas de restauración.
- Traslado de copias de seguridad (si aplica).

Asimismo, cuando los sistemas de información se alojen en las instalaciones del prestador del servicio, o de terceras partes subcontratadas por este, el Adjudicatario implementará los mecanismos necesarios para asegurar la restauración de los sistemas en caso de que se produzca un fallo o incidente de seguridad o cuando Metro de Madrid lo considere oportuno.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## **5.12. SEGURIDAD FÍSICA**

Las instalaciones donde se ubiquen los sistemas de información dispondrán de elementos adecuados para el eficaz funcionamiento del equipamiento allí instalado. Y, en especial:

- Condiciones de temperatura y humedad.
- Protección del cableado frente a incidentes fortuitos o deliberados.
- Medidas de protección contra incendios.
- Medidas de protección contra inundaciones.

Asimismo, se implementarán los controles de acceso físico necesarios para garantizar la seguridad de los sistemas.

## **5.13. ACEPTACIÓN DEL SISTEMA**

Metro de Madrid podrá ejecutar auditorías y pruebas de seguridad durante las distintas fases del Proyecto a fin de comprobar el cumplimiento de los requisitos de seguridad establecidos en el presente documento.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos, podría implicar que no se acepte el paso a producción / operación del sistema de información.

## **6. CUALIFICACIONES PROFESIONALES DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN**

El Adjudicatario, designará un Responsable de Seguridad que será la persona encargada de velar por el cumplimiento de los requisitos de ciberseguridad especificados en el presente documento durante toda la vigencia del contrato.

## **7. INFORMACIÓN A INCLUIR EN LAS OFERTAS**

El Oferente deberá incorporar en su Oferta una descripción detallada de los mecanismos y procedimientos que llevará a cabo para garantizar la Seguridad de los Sistemas de Información objeto del contrato, así como también para cumplir con los requisitos indicados en el presente documento.

En el caso de disponer de certificaciones en el ámbito de ciberseguridad se deberán detallar en las Ofertas.



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## ANEXO VI: CASOS DE USO

### 1 CASO USO 1: PUPITRE DE CONDUCCION VIRTUAL (TIEMPO REAL Y MOVIOLA)

#### Objeto:

Este caso de uso persigue visualizar en tiempo real el estado del pupitre de conducción de forma remota, así como de otros elementos de la cabina de conducción.

Esta visualización en tiempo real, permitirá la asistencia remota a la operación para la toma de decisiones rápidas y efectivas antes incidencias o perturbaciones en línea, con el objetivo de reducir los tiempos de respuesta y aumentar la percepción de calidad del viajero.

Se hace también necesario tener un módulo de moviola de la herramienta, que permitirá el análisis en diferido ante situaciones que así lo requieran.

#### Descripción funcional:

La herramienta permitirá visualizar en tiempo real o en modo moviola el pupitre de conducción y los elementos principales de la cabina y del tren en su estado real, en un puesto de operador remoto mediante una interfaz intuitiva.

El puesto remoto permitirá la visualización de los siguientes elementos en tiempo real:

- Todos los elementos del pupitre de conducción, el panel de puesta en servicio (parte superior de la cabina) y aquellos elementos sobre los que pueda actuar el Maquinista en la cabina de conducción (llaves neumáticas, térmicos). Deberán representarse los cambios de estado de estos elementos, en una vista general que podrá tener varias partes.
- Vista en detalle, igual a la que ofrece el propio equipo embarcado, de los siguientes elementos:
  - MAC (Monitor de Ayuda a la Conducción) o IHM
  - Radiotelefonía
- Elementos neumáticos y eléctricos de entidad, con el estado de los mismos (entre otros monitorización de lazos)

El acceso a esta herramienta podrá ser:

- Directo e independiente del resto de la aplicación, y una vez validadas las credenciales del usuario en la herramienta, seleccionando el tren a visualizar.
- A través de las vistas en tiempo real del estado de la flota, mediante la selección del tren a visualizar.



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*



- Mediante una ventana emergente generada de forma automática para un tren concreto al producirse una incidencia de alta severidad o una llamada entrante de un tren a través del sistema de radiotelefonía.

El uso de esta herramienta podrá ser simultaneo a la descrita en el caso de uso 2 relativo al estado de la flota y alertas de averías en tiempo real.

**Perfiles de Usuario con acceso:**

- Perfil de Operación
- Perfil de Material Móvil



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 2 CASO USO 2: ESTADO DE FLOTA Y ALERTAS DE AVERIAS EN TIEMPO REAL PARA SUPERVISIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

### Objeto:

Este caso de uso persigue disponer de información en tiempo real del estado de los diferentes subsistemas que componen el material móvil, contribuyendo de manera proactiva a la mejora de la resolución de incidencias en las que participa el factor humano, realizándose la transmisión de información relativa al estado de sistemas del material móvil de forma automática, con lo que no sería necesario la interpretación de las indicaciones que transmita el Maquinista en relación a lo que le muestre el Monitor de Ayuda a la Conducción y no se tendría que esperar a que el Maquinista realice una llamada mediante la radiotelefonía para comunicar la incidencia.

### Descripción funcional:

La herramienta representará el estado de la flota, tanto los trenes en circulación como los que se encuentren en depósitos, cocheras o sacos, así como la localización de cada tren y algunos parámetros de los mismos.

Dispondrá de varias vistas relacionadas entre sí y que permitirán visualizar con distinto detalle la siguiente información:

- Estado de la flota completa, incluyendo carrusel de trenes en la línea en representación gráfica con las variables más importantes en función de los Puntos Kilométricos de la Línea y de las estaciones (al menos temperatura, grado de ocupación, velocidad), y la representación de al menos 25 columnas con parámetros asociados a cada tren, pudiendo ser el contenido de cada columna el estado de los equipos principales del tren, la presencia de una alerta activa, parámetros y condiciones de explotación etc. Se adjunta a modo orientativo el contenido mínimo a representar, debiendo existir la opción de personalizarlo en fase de Proyecto así como de añadir hasta 5 columnas en función del desarrollo del Proyecto.



Tren	Línea	Vía	Estación	Composición	DNE	Modo Conducción	Tirador de alarma	Desbloqueo de puertas	Pantógrafo	Disyuntor	Ondulador de tracción	Convertidores	Compresores	Batería	A.A	Freno de estación	Puertas	Megafonía	Térmico	Lazo de tracción	Lazo de Freno	2º canal
2	3	1	Moncloa	MRSSRM.3001/6	17255	Atp	x			x												
3	3	1	Palos de la Frontera	MRSSRM.3007/12	17256	M+20		x				x				x				x		
4	3	1	Villaverde Alto	MRSSRM.3013/18	17257	D.O						x										x

La vista anterior incorporará la aplicación de filtros que permitan representar sólo la parte de la flota que cumpla determinados criterios (ya sean de parámetros de los propios trenes como por filtrado por tramos de línea o ubicación en depósito).




Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea

Asimismo, la representación debe tomarse como meramente orientativa, debiendo desarrollarse un diseño gráfico intuitivo, atractivo y legible.

- Detalle de las averías y alarmas activas en cada tren, con la opción de acceder al flujograma asociado de resolución de avería si existe o la instrucción técnica correspondiente.
- Acceso a la vista particularizada de cada tren, en la que se representarán al menos los siguientes datos y parámetros:
  - Composición de la unidad tren (tipo de material y numeración de cajas).
  - Numero de circulación del tren (*chapa*).
  - Ubicación: Línea de circulación y vía, estación, o depósito y vía.
  - Número del MTE.
  - Velocidad del tren.
  - Averías y alarmas activas
  - Temperatura interior de cada coche (y representación asociada mediante código de colores), y temperatura exterior media de todos los coches.
  - Estado de cada puerta (cerradas, abiertas, bloqueadas...)
  - Ocupación de cada coche: Estimación del número de personas
  - Estado de sistemas principales en cada coche y en la cabina habilitada, utilizando un código de colores para identificar los que se encuentran activados, desactivados o con incidencias. A modo orientativo se incluyen en la siguiente figura los sistemas mínimos a contemplar:

							
A/A DISYUN RADIO TUBERIA MODO DE TRACCI FRENO PUERT TÉRMI RANA TENSIO SETA MAND P.SICAS	A/A CONVE MEGAF PRESIÓN TÉRMI TIRAD ESTACI	ONDUL SICAS PANTÓ PUERT ALUM DESBL	A/A CONV SICAS COMP PUERT ALUM DESBL ESTACI	ONDUL SICAS COMP PUERT ALUMB DESBL ESTACI	A/A ONDUL CONVE SICAS COMP PRESIÓN PUERT TÉRMI ALUMB TIRAD DESBL ESTACI	CONV SICAS PUERT ALUM DESBL ESTACI	A/A ONDUL CONVE SICAS PANTÓ PRESIÓN PUERT TÉRMI ALUM TIRAD DESBL ESTACI
C. 3001	M. 3001	R. 3002	S. 3003	S. 3004	R. 3005	M. 3006	C. 3006

<b>Legenda</b>	
A/A Aire acondicionado	PUERT Estado de las puertas
DISYUN Disyuntor	ALUMB Alumbrado
RADIO Sistema Radioteléfono	FRENO Hilo de lazo de freno
TUBERIA Presión tubería Principal	TRACCI hilo de lazo de tracción
CONVE Convertidores	COMP Compresor
MODO DE Modo de Conducción	SETA Seta de Emergencia
TENSIO Tensión batería	TIRAD Tirador de Emergencia
RANA Inversor de Marcha	DESBL Desbloqueo de puertas
PRESIÓN Presión cilindros	ESTACI Freno Estacionamiento
MEGAF Megafonía	MAND Toma de mando
TÉRMI Térmico	P.SICAS Pulsador Emergencia Sicas
ONDUL Ondulador de tracción	
SICAS Sicas	
PANTÓ Pantógrafo	



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea

Al igual que para la representación a nivel de línea completa, esta información se representará en un diseño gráfico intuitivo, legible y atractivo.

- Diseño y activación de alertas asociadas a determinados eventos o averías (aviso óptico y/o acústico), dejando la opción de poder particularizar dichas alertas mediante el establecimiento de condiciones y parámetros ante situación de fallo o mal funcionamiento de los componentes y equipos, mediante fórmulas sencillas, realizadas con la combinación de varias variables y operadores lógicos.
- Diseño y activación de notificaciones asociadas a alertas, a través de correos electrónicos o mensajes de otras aplicaciones corporativas, dejando la opción de poder particularizar dichas notificaciones.

Además de las alarmas generadas automáticamente por averías, el sistema también deberá permitir que el propio usuario pueda definir y programar reglas a voluntad, para la generación de alarmas según sus conveniencias y necesidades de explotación. Se proponen las siguientes alarmas y estados como vista base, si bien deberá contemplarse la posibilidad de generar vistas adicionales particularizadas añadiendo o quitando alarmas:

- Activación del frenado de emergencia (seta, tirador de alarma, regulador de marcha en campo de freno de emergencia, etc ...)
- Desconexión del equipo de ATP.
- Apertura de puerta lateral de desalojo.
- Fallo en el sistema de frenado, incluido el patinaje y conexión de freno de estacionamiento.
- Estado de alimentación de los servicios auxiliares (alumbrado, convertidor, nivel de batería)
- Estado del bypass de freno, tracción y B-138.
- Fallo en el sistema de comunicación de los coches.
- Detección de incendio (Estado del SDPI)
- Estado de los Timbres de alarma (Sistema de inhibición)
- Intrusión en cabina (que no sea la de mando)
- Estado del SICAS y del pulsador Emergencia SICAS.
- Estado del pulsador Tracción Socorro (en la serie 3000-2ª).
- Desconexión PATO o cualquier otra funcionalidad automática en relación con la conducción y modos de conducción.
- Rana marcha atrás.
- Desbloqueo de puerta.
- Estado del pantógrafo y disyuntores.
- Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- Estado de la megafonía/radiotelefonía.

Además, las diferentes alarmas que se generen en relación al estado de los diferentes elementos, deberán clasificarse según la posible repercusión que puedan generar en la



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

circulación. Si bien se definirá la clasificación definitiva en fase de Proyecto, de forma orientativa se ajustará a la siguiente tipología de fallos, y en cualquier caso los criterios de asignación de cada alarma a un nivel determinado de la clasificación deberán poder ajustarse y modificarse en cualquier momento por el administrador del sistema:

- TIPO 1: fallo que requieren el desalojo de viajeros y la retirada inmediata del tren de la línea.
- TIPO 2: fallo que requieren la retirada del tren de la línea al final del trayecto (saco de maniobras, cabecera de línea, Cochera o Depósito).
- TIPO 3: fallo que tienen un impacto sobre el comportamiento o sobre el funcionamiento del tren (y por lo tanto debe ser transmitido al personal de operación que se encuentre en la línea para que sea revisado durante el trayecto), pero que no requieren la retirada del tren de la línea.
- TIPO 4: fallo que no tienen un impacto sobre el comportamiento o sobre el funcionamiento, pero que requieren una intervención posterior del personal de Mantenimiento.

Otro de los requerimientos que se solicita en la herramienta es que tenga integrados los flujogramas de resolución de averías, así como las instrucciones técnicas en vigor para su correcta aplicación. Estos mediante una ventana o desplegable, en función de la avería detectada, podrán ser visualizados por el usuario, indicándole los pasos a seguir y sirviendo de apoyo para la resolución de la incidencia.

#### **Perfiles de Usuario con acceso:**

Operación



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

### 3 CASO USO 3: ESTADO DE FLOTA Y ALERTAS DE AVERIAS EN TIEMPO REAL PARA EL MANTENIMIENTO

#### Objeto:

Este caso de uso persigue disponer de información en tiempo real del estado de los diferentes subsistemas que componen el material móvil, contribuyendo de manera proactiva a dar una respuesta temprana a las anomalías observadas durante el servicio y para la toma de decisiones ágiles a la hora de priorizar y programar las actividades de mantenimiento.

#### Descripción funcional:

La herramienta permitirá supervisar en tiempo real el estado de salud de la flota, a partir de la información de estado y de los eventos y alarmas automáticas de los elementos clave del tren, tanto de los trenes en circulación como los que se encuentren en depósitos, cocheras o sacos, así como la localización de cada tren y algunos parámetros de los mismos.

Deberá representar la siguiente información:

- Resumen en tiempo real del estado de los trenes de una flota (por línea, por centro de mantenimiento, etc.) con información del funcionamiento de los sistemas vitales del tren (estado de las puertas, modo de conducción, presión TDP, lazos, etc.) y de confort para los viajeros (temperatura de sala, viajeros por coche o grado de ocupación, etc.).
- Listado de alarmas activas (por prioridades, cuyos niveles se definirán en fase de Proyecto) para la flota completa o agrupadas por unidad o por sistema, lo que permite una programación del trabajo de forma anticipada, asignando los recursos humanos y materiales necesarios para mejorar la disponibilidad.
- Acceso a histórico de alarmas (todas o priorizadas) registradas para la flota, en conjunto o por individuales por unidad y consulta del detalle de cada alarma y su información contextual asociada con la posible causa de la anomalía.

Al igual que para el caso de uso Estado de Flota para la explotación, permitirá el diseño y la activación de alertas asociadas a determinados eventos o averías (aviso óptico y/o acústico), dejando la opción de poder particularizar dichas alertas mediante el establecimiento de condiciones y parámetros ante situación de fallo o mal funcionamiento de los componentes y equipos, mediante fórmulas sencillas, realizadas con la combinación de varias variables y operadores lógicos. También se podrán asociar a esas alertas, notificaciones a través de correos electrónicos o mensajes de otras aplicaciones corporativas, con la opción de poder particularizar dichas notificaciones.

Incluirá una ventana con la totalidad de la flota, pudiendo enlazar con una vista particularizada para cada tren con al menos la siguiente información:

- Vista de lecturas de presostatos



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Sinóptico tren, con estructura por coches, sistemas, representando el estado en base a los diferentes “vivos” de los equipos, sistemas, subsistemas y componentes ya disponibles en el MVB

**Perfiles de Usuario con acceso:**

Material móvil



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 4 CASO DE USO 4: TELEMETRÍA COMPLETA EN TIEMPO REAL Y EN MODO MOVIOLA

### Objeto:

Este caso de uso persigue la monitorización del funcionamiento y rendimiento de todos los sistemas mediante todas las variables y parámetros disponibles, facilitando la resolución de potenciales averías y el análisis de la causa de los problemas, mejorando el diagnóstico de averías y reduciendo las averías sin anormalidad.

### Descripción funcional:

La herramienta permitirá visualizar en tiempo real y en modo moviola todas las variables y parámetros seleccionados, mediante filtro múltiple de campos (variables, equipos, parámetros, trenes, eventos, y en modo moviola pudiendo añadir fechas, tramo de línea, vía etc.), siendo cada filtro opcional y permitiendo la selección de varios valores. También permitirá una vista de sinópticos

Se permitirá la creación de eventos particularizados y de alarmas de autodiagnóstico atendiendo determinados condiciones y parámetros, así como de parámetros de evaluación específicamente diseñados para monitorizar el rendimiento de los sistemas., incluyendo la posibilidad de comparativas entre los valores medidos y valores esperados (valores de referencia y umbrales).

Asimismo, permitirá visualizar la comparación entre sistemas y unidades (estados agregados) identificando diferencias significativas y anormalidades funcionales.

Permitirá consultar la evolución de un parámetro elegido a lo largo del trayecto en cada punto kilométrico y en cada vía de la línea seleccionada, y en el tren o trenes que se seleccionen.

Deberá garantizarse la exportabilidad de los datos para su análisis.

Para una óptima atención a incidencias, la herramienta asociada a este caso de uso podrá utilizarse simultáneamente y de forma sincronizada con el módulo asociado al pupitre remoto.

### Perfiles de Usuario con acceso:

Material móvil



*Una manera de hacer Europa*



*Cofinanciado por la Unión Europea*



## 5 CASO DE USO 5: TENSIONES Y CONSUMOS

### Objeto:

Este caso de uso persigue la monitorización de los parámetros relacionados con el consumo tanto en tiempo real como en registros de datos, contribuyendo así a los estudios y ajustes realizados en los centros de tracción.

### Descripción funcional:

Esta herramienta permitirá visualizar en tiempo real y en modo moviola, las siguientes variables y parámetros, referenciados al PK de la línea, y pudiendo particularizarse mediante filtros por tren, conjunto de trenes, tramo, etc. :

- Tensión en catenaria con una frecuencia de muestreo de 1 segundo
- Corriente con una frecuencia de muestreo de 1 segundo, pudiendo seleccionar entre consultar consumos individuales por tren o consumos agregados en un tramo.
- Potencia instantánea consumida, pudiendo seleccionar entre consultar consumos individuales por tren o consumos agregados en un tramo.
- Corriente regenerada en la frenada y corriente disipada en resistencias de freno reostático con frecuencia de muestreo de 1 segundo
- Variación de la corriente en función del tiempo ( $di/dt$ ), sobre todo en los procesos de arranque y aceleración, con una frecuencia de muestreo inferior a 1 ms.

### Perfiles de Usuario con acceso:

- Instalaciones
- Material Móvil



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 6 CASO DE USO 6: SEÑALIZACIÓN EMBARCADA

### Objeto:

Este caso de uso persigue la monitorización de los parámetros relacionados con el sistema de señalización embarcada, tanto en tiempo real como en registros de históricos, contribuyendo así de manera proactiva a dar una respuesta temprana a las anomalías observadas durante el servicio y para la toma de decisiones ágiles a la hora de priorizar y programar las actividades de mantenimiento en las instalaciones fijas de señalización.

### Descripción funcional:

Esta herramienta permitirá visualizar en tiempo real y en modo moviola, las variables y parámetros del sistema de señalización embarcado, referenciados al PK de la línea, y pudiendo particularizarse mediante filtros por tren, conjunto de trenes, tramo, etc.

### Perfiles de Usuario con acceso:

- Instalaciones
- Material Móvil



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 7 CASO USO 7: ESTADÍSTICAS E INFORMES

### Objeto:

Este caso de uso persigue disponer y consultar estadísticas parametrizables de la información extraída de los sistemas embarcados así como facilitar la generación de informes resumen, en función de ventanas de tiempo y filtros aplicados.

### Descripción funcional:

La herramienta de estadísticas e informes permitirá la representación de la siguiente información de las variables objeto de la estadística seleccionada:

- Representación gráfica o en tabla de valores de series temporales de cualquier variable (eventos, o parámetros) en función del tiempo o del PK, mediante la selección multivariable y la aplicación de filtros. (a modo de ejemplo, trenes que han circulado en un determinado modo de conducción, a una velocidad superior a una determinada velocidad entre dos PK determinados, en un rango de fechas determinadas)
- Caracterización estadística (entre otros, y dependiendo de su aplicabilidad en función de la naturaleza de cada parámetro/variable: % nulos o missing, valores máximos, mínimos, medias, medianas, tendencias, desviaciones y cuartiles, ubicación kilométrica, agrupación horaria etc) de los diferentes parámetros, al agruparlos por uno o varios criterios simultáneos: fecha o intervalo de fechas y horas, tren o grupo de trenes, coches, tramo de línea o punto kilométrico, etc
- Visualización de la evolución en el tiempo de la caracterización anterior
- Comparación de históricos. Representación gráfica y en tabla de una misma o varias variables, de distintos trenes o fechas, en función del PK.
- Generación de informe en formato imprimible con la información representada según lo anterior.
- Posibilidad de exportar datos en bruto de un registro total o parcial seleccionado (posibles filtros por unidad, fecha, registro concreto si es que se discretiza, tramo interestación etc).

Independientemente de la representación en los dashboards correspondientes, se podrán extraer los datos en varios tipos de formato y ser exportables a herramientas ofimáticas (Word, hojas de cálculo, etc.).

Si bien existirá un dashboard totalmente parametrizable y en el que el usuario pueda seleccionar cualquier variable/parámetro y los filtros a aplicar para su representación y caracterización estadística según lo anteriormente descrito, se diseñarán dashboard predeterminados para su uso inmediato, al menos los indicados a continuación, debiéndose prever la creación de otros adicionales durante la fase de Proyecto:

- Estadística de energía: consumos, tensiones y potencia, pudiendo generarse informes de consumos individuales de un tren o consumos agregados en un tramo. (usuarios Instalaciones, Material Móvil)
- Estadística de calidad de captación de corriente: dashboard en el que se representará información extraída de los pantógrafos sensorizados:



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

- Valor medio de la fuerza de contacto por interestación en cada vuelta que haya realizado
- Desviación típica de la fuerza de contacto por interestación en cada vuelta que haya realizado
- Valor medio de la fuerza de contacto por interestación consideradas todas las vueltas que haya realizado ese día
- Desviación típica de la fuerza de contacto por interestación consideradas todas las vueltas que haya realizado ese día.

Se podrá generar un informe que incluya los valores anteriores referenciados diarios en los últimos treinta días, tanto individualmente por pantógrafo sensorizado como por interestación agregando las vueltas de todos los pantógrafos sensorizados que hayan hecho ese recorrido ese día. A modo orientativo se incluye una posible presentación del contenido del informe

FECHA								
Interestación	Interestación 1		Interestación 2		Interestación 3		Interestación 4	
Pantógrafo	Fuerza media	Desviación típica	Fuerza media	Desviación típica	Fuerza media	Desviación típica	Fuerza media	Desviación típica
Pantógrafo 1								
Pantógrafo 2								
Pantógrafo 3								
Pantógrafo 4	F1	DT1	F2	DT2	F3	DT3	F4	DT4
Pantógrafo 5								
Pantógrafo 6								
Todos los pantógrafos								
PANTÓGRAFO 4								
Interestación	Interestación 1		Interestación 2		Interestación 3		Interestación 4	
Fecha y hora arranque estación cabecera	Fuerza media	Desviación típica	Fuerza media	Desviación típica	Fuerza media	Desviación típica	Fuerza media	Desviación típica
Hora 1								
Hora 2								
Hora 3								
Hora 4								
Hora 5								
Hora 6								
Total diario	F1	DT1	F2	DT2	F3	DT3	F4	DT4

- Valores instantáneos de la fuerza de contacto: representación gráfica del valor instantáneo de la fuerza de contacto, velocidad de circulación e intensidad demandada en función de la posición del pantógrafo en PK absolutos o relativos a la interestación de la consulta, pudiéndose superponerse las gráficas correspondientes a varios pantógrafos o al mismo pantógrafo en diferentes franjas horarias en la misma interestación.



Una manera de hacer Europa



Cofinanciado por la Unión Europea

Se podrán generar los informes correspondientes para su impresión.

- Estadísticas de parámetros para análisis de sistema de señalización, permitiendo identificar posibles incidencias o averías de equipamientos de la instalación fija.
- Estadísticas de ocupación y temperatura de los trenes por interestaciones y franjas horarias
- Estadísticas de eventos y alarmas: permitiendo disponer de información estructurada en informes y cuadros de mando interactivos (tren con mayor/menor número de fallos, número de alarmas por tren o por sistema, alarma más frecuente, etc.).
- Estadísticas de eventos para seguimiento de seguridad ferroviaria: permitiendo hacer consultas y disponer de información estructurada en informes y cuadros de mando interactivos sobre trenes que circulan en modo Llave Especial y velocidad superior a 30km/h, cambios del modo de conducción, apertura de puertas en la línea, actuación de tiradores de alarma, escaleras de desalojo. La consulta y representación de las variables serán mediante gráfica y/o tabla, pudiendo ajustarse a consultas multivariantes y condicionadas a tramos de línea, vía, rango de fechas/horas).
- Geolocalización de eventos: Registro del número de un evento seleccionado (o alarmas) en función del posicionamiento del tren, accediendo a toda la información asociada a las mismas, permitiendo identificar zonas conflictivas de la red (deslizamientos, actuaciones equipos de anti patinaje / anti deslizamiento, rebases en estaciones, freno de emergencia, etc)

#### **Perfiles de Usuario con acceso:**

- Diferentes usuarios según la estadística



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 8 CASO DE USO 8: ANALÍTICAS AVANZADAS

### Objeto:

Este caso de uso persigue el análisis avanzado de los datos para el diseño de nuevos algoritmos que optimicen y afiancen la rentabilidad de la herramienta tren digital. Será por tanto el desarrollo fundamental a abarcar para realimentar los otros casos de uso, generar nuevos y garantizar la consecución de los KPI planteados como objetivos del Proyecto.

### Descripción funcional:

Este desarrollo de analíticas avanzadas se orientará fundamentalmente a obtener resultados en:

- El análisis de series temporales de variables: análisis de tendencias, reconocimiento de patrones, registro de señales débiles, detección de condiciones anormales o no especificadas, comparación entre valores obtenidos y esperados, comparación entre medidas análogas dentro del vehículo o entre unidades diferentes, función de análisis de autocorrelación entre variables para examinar el efecto de una variable con otra y su relación con las alarmas resultantes.
- Desarrollo de analíticas predictivas para el diagnóstico temprano de averías
- Desarrollo de indicadores de seguimiento de vida real de los componentes
- La aplicación de mantenimiento basado en condición (CBM)
- La mejora del diagnóstico de averías y reducción de las averías sin anomalía
- Identificación y desarrollo de nuevos algoritmos y dashboards

### Perfiles de Usuario con acceso:

- Analista de datos



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 9 CASO DE USO 9: VISTA DE VERSIONES DE PRODUCTOS SW EMBARCADOS

### Objeto:

La herramienta permitirá realizar el seguimiento de las versiones de los productos SW cargados en los trenes e identificar cualquier incidencia en las versiones cargadas.

### Descripción funcional:

Ofrecerá una representación intuitiva de las versiones de los productos SW cargados en los diferentes equipos de la flota, pudiendo seleccionar la visualización a nivel de flota, tren, equipo.

La representación se diseñará siguiendo una estructura navegable por árbol de productos SW de cada sistema.

La herramienta permitirá generar alarmas en caso de existir un tren discrepante.

También permitirá marcar productos en proceso de actualización, de forma que no generen alarmas y que se pueda ver al mismo tiempo el porcentaje de difusión del SW en la flota.

### Perfiles de Usuario con acceso:

- Material móvil



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

## 10 CASO DE USO 10: DESCARGA DE REGISTROS

### Objeto:

Este caso de uso persigue permitir la descarga de registros de los principales equipamientos embarcados (en bus MVB, RS-485 y LAN) evitando tener que realizarse físicamente desde el tren, agilizando así la obtención de los datos que se puedan precisar para el estudio y diagnóstico de averías.

### Descripción funcional:

Los registros descargados incluirán al menos todas las variables incluidas en los registros obtenidos por volcado directo mediante conexión física a los equipos, si bien se valorará que incluyan mayor cantidad de variables hasta todas las variables disponibles en el bus. Deberá estudiarse en la fase de Proyecto la viabilidad de visualización de dichos registros en las aplicaciones existentes de visualización de los registros de cada equipo, o en caso de no ser compatibles los formatos, deberá poder visualizarse a través de la propia herramienta.

### Perfiles de Usuario con acceso:

- Material móvil



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*



## 11 CASO DE USO 11. DISPONIBILIDAD DE ENVÍO DE DATOS EN TIEMPO REAL Y MEDIDA DE COBERTURA EN LÍNEA

### Objeto:

Este caso de uso persigue disponer de información relativa al tráfico y disponibilidad de datos en tiempo real así como a la cobertura a lo largo de la línea, permitiendo detectar incidencias en el sistema, ya sean debidas a fallos puntuales como a situaciones generalizadas independientes del sistema.

### Descripción funcional:

La herramienta permitirá visualizar en tiempo real y en modo moviola, la disponibilidad de envío de datos en tiempo real, así como la medida de cobertura a lo largo de la línea, pudiendo aplicar filtros por tren o flota, por tramos de línea y por franja horaria.

### Perfiles de Usuario con acceso:

- Material móvil



*Una manera de hacer Europa*



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

*Cofinanciado por la Unión Europea*

Madrid, diciembre de 2021	
<b>REALIZADO:</b>	<b>REVISADO:</b>
	
D. Juan Moreno García-Loygorri	Dña. Alexandra Portales Guiraud
<b>APROBADO:</b>	
	
Dña. María Lorenzo Moral	