

# CONTRATO DE SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y MODELIZA- CIÓN BIM DE LOS ACTIVOS DE LA LÍNEA 1 DE METRO DE GRA- NADA PARA GENERACIÓN DE SU GEMELO DIGITAL.

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Expediente: T-MG 6129/OAT0



Tipo de pliego	Pliego de Técnico de Prescripciones (PTP)
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos
Fecha de redacción	Diciembre 2023

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 1/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	

**Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, 2023**

www.aopandalucia.es  
informacion@aopandalucia.es  
CIF: Q4100686G

**Servicios Centrales**

Calle Pablo Picasso 6. 41018 Sevilla  
Teléfono: 95 500 74 00  
Fax: 95 500 74 77

**Centro de Trabajo de Granada**

Dirección postal: Avda. Profesor Domínguez Ortiz s/n, 18014 Granada  
Teléfono: 958 00 24 12  
Fax: 958 00 24 21

**Centro de Trabajo de Málaga**

Dirección postal: C/ Cerrojo 38, esquina C/ Huerta del Obispo, 29007 Málaga  
Teléfono: 951 308 150  
Fax: 951 308 154

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 2/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	

# CONTRATO DE SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y MODELIZACIÓN BIM DE LOS ACTIVOS DE LA LÍNEA 1 DE METRO DE GRANADA PARA GENERACIÓN DE SU GEMELO DIGITAL.

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

### Objeto del pliego de prescripciones técnicas particulares del contrato

El objeto del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares es describir los trabajos y fijar las condiciones técnicas que regirán en el Contrato del trabajo referido a este Pliego, cuyas características técnicas se fijan en este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del contrato.

El presente Pliego se considerará integrado en su totalidad al Pliego de Cláusulas Particulares del Contrato.

### Antecedentes

El Pacto Verde Europeo al igual que el Plan Andaluz de Acción por el Clima nos indica que de aquí al 2030 hay que reducir la emisión de gases de efecto invernadero en el transporte en torno a un 40%. En menos de diez años hay que hacer una transformación fuerte de la movilidad. Éste es uno de los principales retos que se afrontan en el Plan de Infraestructuras de Transportes y la Movilidad en Andalucía (PITMA), en consonancia con los retos del Pacto Verde Europeo, que pretende que Europa sea climáticamente neutra en 2050 (balance cero de emisiones de CO<sub>2</sub>).

Por otra parte, cabe destacar, el impulso hacia una “Movilidad Conectada”, por parte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en su Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada con un horizonte 2030, pues fomenta la digitalización de las infraestructuras para la gestión inteligente del transporte, de las infraestructuras, de la logística y apoya el desarrollo a la I+D+i. En este sentido, cabe señalar la medida 5.2.1 de la Estrategia de Movilidad del MITMA, que hace referencia al Impulso de la Metodología BIM en Obra Civil.



Tipo de pliego	Pliego Técnico de Prescripciones (PTP)	3
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 3/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



Para abordar estos objetivos tanto en el Pacto Verde Europeo como en el PITMA se establecen diferentes líneas de actuación como:

- Reducir la movilidad obligada: fomento del teletrabajo y cambios en la planificación urbanística y ordenación del territorio.
- Fomentar la movilidad activa: la mayor parte de los desplazamientos están entre 1 y 5 kilómetros, óptimos para la bicicleta.
- Fomentar un transporte público de calidad, que ofrezca un buen servicio.
- Cambios tecnológicos hacia fuentes de energía alternativas.
- Y por último la digitalización del transporte para una movilidad sostenible, segura y conectada. Así se mejora la eficacia en el control y la calidad de los servicios de transporte donde se engloba este proyecto.

El gemelo digital de los Metros andaluces consistirá en una representación virtual de las líneas de Metro de Granada (TMG) y TramBahía de Cádiz (TBC), que nos permite crear un puente entre el mundo virtual y la realidad. Y la posibilidad de trabajar con un verdadero gemelo digital de forma colaborativa y conectada con otras plataformas de explotación y mantenimiento creando un ecosistema de Gemelo digital con sistemas de energía renovable, y sistemas eficientes para monitorizar, analizar los resultados para mejorar finalmente los indicadores de energía, sostenibilidad y el propio uso y gestión de los sistemas de Metro, que simule el comportamiento de los activos, especialmente indicado para conseguir reducir la emisión de gases de efecto invernadero en el transporte en torno a un 40% de aquí al 2030.

Aplicando las diversas tecnologías emergentes como: gestión de modelos a través de realidad aumentada (AR) y virtual (VR), inteligencia artificial (IA), Big Data, 5G, y digitalización mediante Dron, nos permitirán abordar todo tipo de proyectos en una continuidad digital completa, desde el diseño de las infraestructuras de Metro, activos a explotar y mantener y su gestión integrada en su territorio.

Gracias a los fondos Next Generation EU la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía cuyo título completo es **“Gemelo Digital para la explotación del Metro de Granada y el Tren Tranvía de la Bahía de Cádiz, digitalización de las infraestructuras de transporte público mediante implantación de metodología BIM en la AOPJA”** tiene financiación por un importe cercano a los 2 millones de euros a desarrollar en 4 años, hasta final de 2026.

Este plazo nos permitirá la implantación de esta metodología de forma escalonada con soluciones sencillas y eficientes a la gestión del servicio público de transporte, de modo que una vez se concluya este proyecto haya calado en la organización, mediante la capacitación del personal que se incluye en todas sus fases y la programación de herramientas digitales que

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	4
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 4/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



tengan vigencia mas allá de la finalización del proyecto, se haya producido una transformación digital humanista.

### Objeto del contrato

El objeto del contrato es disponer de una consultoría especializada en Digitalización de infraestructuras (captura masiva láser) y modelización BIM sobre la cual generar el gemelo digital resultante de la línea 1 de Metro de Granada. El entregable final deberá ser previamente supervisado y cumplir los requerimientos BIM de la AOPJA, según el Manual de implantación BIM de la AOPJA, y se entregara junto a una plataforma gestión de nubes de puntos láser y el suministro de un equipo de captura másico láser de mano, para actualizar dicha documentación por parte de AOPJA, una vez finalizado el contrato.

El objetivo final del proyecto global de gemelo digital es ayudar a la explotación de la línea 1 de Metro de Granada al conectar este gemelo digital con el GMAO, a diferentes sensores y a plataformas de análisis de datos para mejorar la sostenibilidad de la explotación, facilitar la gestión y toma de decisiones tempranas, y en definitiva mejorar el servicio de transporte público de Metro de Granada.

### Descripción de los trabajos

Dentro de la hoja de ruta y el proceso para obtener Gemelo digital, los trabajos incluidos en esta licitación se inciben en la 2ª fase de las que consta el proyecto global de Gemelo digital:

1. Estrategia de digitalización e implementación BIM en la AOPJA, Entorno tecnológico, Plan de acción y diseño indicadores.
2. Modelización y digitalización de los activos de las infraestructuras de Metro de Granada y Tren Bahía de Cádiz según requerimientos BIM implementados.
3. Gemelo digital, web colaborativa conectada con otra plataforma de explotación y mantenimiento.
4. Biblioteca/repositorio público de entregables y software público, evaluación de Plan de acción e informe final.

El ámbito de estos Gemelos digitales que vamos a generar con la metodología BIM se circunscribe al TramBahía de Cádiz entre Chiclana y la estación de Río Arillo y a la Línea 1 actualmen-

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	5
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 5/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



te en servicio del Metropolitano de Granada, ambas líneas están siendo gestionadas y explotadas de forma pública directamente por la AOPJA.

Siendo objeto de este contrato solo la **Línea 1 del Metropolitano de Granada**.

La línea 1 del Metropolitano de Granada es un metro ligero de 15,9 km de longitud, de los cuales 13,2 km van en superficie y 2,7 km son subterráneos, que discurre por los términos municipales de Albolote, Maracena, Granada y Armilla con vía doble de ancho internacional (1.435 mm), y 528 m de vía única por el centro de Armilla. Incluyen esta línea 1 de 23 paradas en superficie, 3 estaciones subterráneas y en la parcela de 60.000 m<sup>2</sup> Talleres y cocheras.

La explotación de la línea la lleva a cabo directamente la AOPJA a través de los siguientes mantenedores mas un coordinador general de operación. Todo se gestiona a través del GMAO PRISMA4.

	Nº	Denominación Mantenedor	Nº Activos
1	00	General/Operación	316
2	01	Material Móvil-Herramientas	2.125
3	02	Señalización	1.046
4	03	Sistemas	3.995
5	04	Energía y Electrificación	1.197
6	05	Obra Civil	544
7	06	Ascensores y Escaleras Mecánicas	51
8	07	Prot Contra Incendio y Ventilación Túnel	604
9	08	Limpieza No Técnica	421
10	08.1	Limpieza Plataforma y engrase via	73
11	09	Seguridad y Vigilancia	2
12	11	Herramientas/Operaciones	7
			<b>10.381</b>

En la tabla anterior se indican el n.º de activos dados de alta en el GMAO en diciembre de 2023 y su correspondiente mantenedor.

De forma resumida las actividades que debe ofertar el licitador y llevar a cabo la asistencia técnica adjudicataria son:

- Levantamientos de datos 3D mediante escaneo y captura mobil mapping de toda la infraestructura de la línea L1 Metro de Granada con marcado de vía y mediante equipos dinámicos embarcados.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	6
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 6/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



- Levantamiento mediante tecnología escáner láser 3D y fotogrametría 360° de fuera del ámbito de la vía de la línea L1 Metro de Granada como instalaciones, edificaciones, etc.
- Inventario digital de la infraestructura y sus instalaciones, con caracterización de todas las infraestructuras y obtención de principales parámetros cuantitativos y cualitativos para la explotación y mantenimiento.
- Modelización BIM de Obra Civil y trazado 3D de vías en el ámbito de toda la superficie de línea L1 Metro de Granada, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA.
- Modelización BIM de activos (no Obra Civil) de L1 MG, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA.
- Coordinación y federación de modelos BIM por estructura de activos dados de alta en GMAO de Metro de Granada, incluyendo entrega de informes de autocontrol de calidad, check list, etc., y requerimientos BIM de AOPJA.
- Sum. Plataforma tecnológica (software) colaborativa para gestión (alojar, visionar, compartir, incorporación de modelos BIM IFC, etc.) de Nubes de puntos láser (NBP) y fotogrametría 360° objeto de este contrato.
- Sum. Escáner laser LIDAR dinámico de mano y fotogrametría para actualización de inventario digital de línea 1 de Metro de Granada, de forma permanente.

Todas estas actividades pertenecen a la fase 2º denominada “2. MODELIZACIÓN ACTIVOS y DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE METRO DE GRANADA Y TRAMBAHÍA DE CÁDIZ” del proyecto global de Gemelo digital. Aunque las del ámbito del TramBahía de Cádiz serán objeto de otra licitación.

Se describe a continuación las actividades objeto de este contrato antes mencionadas y estructuradas por capítulos.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	7
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 7/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



## **2.A. Digitalización y levantamiento con tecnología escáner láser 3D de infraestructuras de L1 Metro Granada**

Se asignará la tecnología láser escáner en función de la parte específica a documentar, discriminándose entre la infraestructura de vía en su trayectoria en superficie o en túnel y la zona fuera del ámbito de la vía.

Se presentará para validación de la dirección del contrato la asignación de puntos de replanteo que permitan anclar la totalidad de los levantamientos.

Previo al comienzo de los trabajos de levantamiento, se presentará el inventario de tipologías de activos que serán objeto de levantamiento con el objetivo de garantizar que el escaneo abarca la integralidad de los trabajos. No se podrán iniciar los trabajos de escaneo hasta la aprobación de este inventario de activos.

### **2.1. Levantamientos de datos 3D mediante escaneo y captura mobil mapping de toda la infraestructura de la línea L1 Metro de Granada (13,186 km superficie + 2,737 km subterráneo + 2,737 km nivel calle de tramo subterráneo) con marcado de vía y mediante equipos dinámicos embarcados.**

Se deberán planificar los trabajos de escaneado láser en coordinación con METRO DE GRANADA y deberán contener, como mínimo, un plano con la determinación de las posiciones óptimas del escáner láser estático y/o trayectorias del escáner láser dinámico. Ésta deberá ser entregada a la unidad designada por METRO DE GRANADA, para su aprobación.

El proveedor deberá considerar cualquier método auxiliar necesario para cumplir con la precisión solicitada, como Puntos de Control Terrestre para Ajuste, estaciones base, etc.

Se deben considerar dos recorridos de mobile mapping en direcciones opuestas para las vías principales. Es admisible para líneas de doble vía un recorrido por cada vía, siempre que compartan al menos el 90% del recorrido (ningún obstáculo grande ensombrezca más del 10% de la longitud de la otra vía).

Se debe establecer una red secundaria de Puntos de Control Terrestre para Verificación que será presentado para su validación.

#### Precisión

El sistema LiDAR debe tener una precisión horizontal y vertical de no más de:

- Precisión absoluta ajustada los puntos de control terrestre mejor que  $\pm 10$  cm.
- Precisión relativa mejor que  $\pm 2$  cm.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	8
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 8/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Este nivel de precisión debe lograrse en toda el área de estudio y para toda la variedad de superficies y características, pudiendo ser más restrictiva esta medida si es requerido por razones de operatividad del gemelo digital por AOPJA.

Se considera precisión absoluta la exactitud de las coordenadas proporcionadas para cada punto del alcance de los trabajos en comparación con las reales.

La precisión relativa se considera como la precisión de la distancia relativa entre dos puntos en la nube de puntos en comparación con la real.

#### Densidad de la nube de puntos

La densidad de nube de puntos esperada equivale a escanear a 300.000 puntos por segundo a una velocidad máxima de 70 km/h, durante todo el estudio.

Esto significa que el sistema LiDAR debe ser capaz de recopilar datos con una densidad de puntos mínima de 240 puntos por metro cuadrado (ppsm) a 10 metros.

#### Zonas de sombra

La trayectoria de escaneo se planificará de manera eficiente para garantizar que la captura de la vía cubra todo el corredor ferroviario sin áreas de sombra significativas, donde la visibilidad del LiDAR pueda verse bloqueada por obstáculos como andenes, trenes en movimiento o estacionados, o vías adyacentes.

No se aceptarán entregas que contengan elementos de señalización o vías en zona de sombra.

Todo elemento en movimiento en la zona de vías como trenes, personas o cualquier otro elemento que haya sido escaneado pero que no pertenezca a la infraestructura deberá ser identificado y excluido de la nube de puntos antes de la entrega. La nube de puntos deberá quedar igualmente limpia de imperfecciones y puntos aislados que puedan resultar de los trabajos de escaneo.

Dado que las áreas a escanear en las zonas de maniobras y playas de vías suelen ser bastante cortas en comparación con los tramos de vía, es aconsejable utilizar un escáner estático en lugar de un mapeo móvil para garantizar que los escaneos incluyan todas las vías del alcance del trabajo.

#### Puntos de control

Los puntos de control terrestre se utilizan para ajustar y validar la precisión de los datos LiDAR. El proveedor no debe utilizar estos puntos de ajuste como puntos de validación, lo que significa que se deben utilizar conjuntos separados de puntos para estos dos fines.

El uso de conjuntos separados de puntos para ajuste y validación permite una evaluación más independiente de la precisión de los datos LiDAR. El uso del mismo conjunto de PCG tanto para el ajuste como para la validación podría dar lugar a una evaluación sesgada de la exactitud de los datos, ya que cualquier error en los puntos de control se propagaría a través de los procesos de ajuste y validación.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	9
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 9/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



El adjudicatario presentará para validación su plan de puntos de control y de validación que deberá ser suficiente para garantizar que los resultados sean precisos y confiables.

#### Puntos de control terrestre para ajuste

Estos puntos deben distribuirse a lo largo del trazado ferroviario y también en zonas donde la infraestructura ferroviaria tenga un impacto significativo en la geografía, como cortes, terraplenes y puentes.

Los GCP deben colocarse en ubicaciones que sean representativas de la superficie real del terreno y no estén sujetas a cambios. Esto permite un ajuste preciso de la nube de puntos LiDAR y la validación de los datos de elevación resultantes.

#### Puntos de control para verificación

Se deben utilizar puntos de control terrestre para verificación con el objetivo de para verificar la precisión y calidad de los datos de la nube de puntos y se debe informar cualquier discrepancia. Estos puntos deben incluirse en los datos finales de la nube de puntos con sus correspondientes coordenadas.

La Unidad de Medición Inercial (IMU) de Mobile Mappers debe tener una deriva baja en la distancia, de modo que los datos de orientación y posición sigan siendo precisos durante el transcurso de la campaña LiDAR, incluso cuando el sensor LiDAR se mueve largas distancias. Esto es importante para garantizar que la nube de puntos resultante sea precisa y esté alineada en toda el área del levantamiento. No se deben superar los siguientes valores:

- En zonas con buena cobertura GNSS la desviación máxima, tanto horizontal como vertical, no debe superar los 0,05 m/km.
- En zonas con mala cobertura GNSS la desviación máxima, tanto horizontal como vertical, no debe superar los 0,25 m/km.

La posición de los puntos deberá ubicarse en lugares estratégicos a lo largo del área de estudio de acuerdo con las siguientes reglas:

- Las coordenadas de los puntos deben estar en el mismo sistema de coordenadas que los datos de la nube de puntos.
- Un punto de control en cada extremo de la campaña de escaneo LiDAR.
- En zonas de estaciones: Se utilizará al menos una de las esquinas de un andén. En caso de que la plataforma tenga una longitud superior a 1 km, ambos lados de la plataforma deben configurarse como puntos de control.
- Subterráneo o en zonas con mala cobertura GNSS: La distancia entre puntos no excederá 1 km.
- En zonas con buena cobertura GNSS: La distancia entre puntos no excederá los 3 km.

Los puntos de control no están diseñados para instalarse de forma permanente. Los puntos deben estar claramente marcados y ser visibles desde el vehículo topográfico para ayudar en el

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	10
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 10/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



proceso de recopilación de datos.

Los puntos seleccionados no deberán estar a más de 10 metros de cualquiera de los tracks por donde haya recorrido el Mobile Mapper.

#### Condicionantes de captación de imágenes

El sistema de captación de imágenes, debe poseer las siguientes características mínimas:

- El sistema debe poseer dos sistemas de cámaras, uno de ellos general de 360º y un segundo con cámaras de detalle calibradas.
- El sistema de cámaras general debe tener 360º con una resolución mínima de 24 MP
- El sistema de cámaras de detalle debe poseer como mínimo 6 cámaras: 4 laterales, una frontal y una trasera de pavimento. Cada una de estas cámaras tiene que poseer asimismo una resolución mínima de 24 MP
- Las imágenes de ambos sistemas deben estar hibridadas o poder fusionarse a nivel de visualización.
- Las cámaras laterales de detalle deben poder ser orientadas tanto horizontal como verticalmente, en función de las necesidades de proyecto.
- Velocidad de captura de imágenes de hasta 8fps, configurables por distancia
- Control de exposición, brillo, etc. automático
- Anonimización de caras y matrículas automática en tiempo real

#### Consideraciones adicionales

- El sistema mobile mapping estará equipado con dos sensores LiDAR activos que funcionen simultáneamente (sistema LiDAR dual). Esto proporcionará redundancia y mejorará la precisión de los datos recopilados.
- La línea ferroviaria se escaneará desde ambas direcciones para garantizar una cobertura completa de la vía y las áreas circundantes.
- El plan de escaneo se planificará y presentará para aprobación para minimizar las posibles afecciones en las operaciones del tren y garantizar que la vía esté despejada durante el escaneo.
- El vehículo de escaneo se operará a una velocidad que garantice la densidad de puntos requerida y la precisión de los datos. La velocidad deberá ser consistente con las consideraciones de seguridad del proyecto y regulaciones.
- El sistema LiDAR se calibrará antes del inicio del estudio y a intervalos regulares durante y después del estudio para garantizar la precisión y calidad de los datos. Los informes de calibración serán revisados y aprobados por un profesional calificado antes de que comience el estudio. Se mantendrá y divulgará un registro de los resultados, informes y certificados de la calibración.
- Se deberán generar nube de puntos con una clasificación básica en formatos LAS, E57, LGS y PTS y las imágenes en formatos JPG o PNG.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	11
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 11/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



## 2.2. Levantamiento mediante tecnología escáner láser 3D y fotogrametría 360° de fuera del ámbito de la vía de la línea L1 Metro de Granada (estaciones subterráneas, recinto talleres y cocheras, oficinas, cuartos de instalaciones, subestaciones, etc.).

Se deberán planificar los trabajos de escaneado láser en coordinación con METRO DE GRANADA y deberán contener, como mínimo, un plano con la determinación de las posiciones óptimas del escáner láser estático. Ésta deberá ser entregada a la unidad designada por METRO DE GRANADA, para su aprobación.

El proveedor deberá considerar cualquier método auxiliar necesario para cumplir con la precisión solicitada, como Puntos de Control Terrestre, puntos de validación para Ajuste, estaciones base, etc.

Se debe establecer una red secundaria de Puntos de Control Terrestre para Verificación que será presentado para su validación.

Para este tipo de trabajos lo recomendable es un sistema que pueda documentar de forma dinámica (escanear en movimiento), para ello lo ideal es un sistema LiDAR de mano que pueda hacer la captura de nubes de puntos e imágenes por proximidad, de manera que se pueda analizar posteriormente en detalle tanto nubes de puntos como imágenes panorámicas.

Los recorridos óptimos del escáner se deben elegir de manera que garanticen una máxima cobertura, precisión y resolución, con el objetivo de eliminar zonas de sombra, y garantizar la máxima precisión y resolución acorde con el propósito de la medición, al mismo tiempo que se minimiza el número de escaneos.

Por ello se deberá :

- Comprobar que se cumple el alcance para conseguir la precisión y resolución requerida. Cuanto mayor sea la distancia al objeto, menor será la precisión y la resolución.
- El equipo debe garantizar una precisión relativa  $< 3$  mm en superficie escaneada.
- Minimizar la aparición de pequeños ángulos de intersección. Ángulos muy agudos desvirtúan la precisión del trabajo al descender la reflexión del escáner.
- El sistema escáner láser debe disponer de un sistema autónomo donde mediante cámaras y sistema inercial permita realizar el ajuste del recorrido automático y el posicionamiento real del instrumento en todo momento.
- El número de trayectorias de escaneo dinámico deberá garantizar una cobertura de al menos el 98% de los corredores y zonas de acceso del interior de METRO DE GRANADA.

### Precisión

El sistema LiDAR debe tener una precisión horizontal y vertical de no más de:

- Precisión absoluta ajustada los puntos de control terrestre mejor que  $\pm 5$  cm.
- Precisión relativa mejor que  $\pm 2$  cm.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	12
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 12/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Este nivel de precisión debe lograrse en toda el área de estudio y para toda la variedad de superficies y características, pudiendo ser más restrictiva esta medida si es requerido por razones de operatividad del gemelo digital por AOPJA.

Se considera precisión absoluta la exactitud de las coordenadas proporcionadas para cada punto del alcance de los trabajos en comparación con las reales.

La precisión relativa se considera como la precisión de la distancia relativa entre dos puntos en la nube de puntos en comparación con la real.

#### Densidad de la nube de puntos

Esto significa que el sistema LiDAR debe ser capaz de recopilar datos con una densidad de puntos mínima de 240 puntos por metro cuadrado (ppsm) a 10 metros.

#### Zonas de sombra

La trayectoria de escaneo se planificará de manera eficiente para garantizar que la captura de las instalaciones es integral sin áreas de sombra significativas, donde la visibilidad del LiDAR pueda verse bloqueada por obstáculos.

No se aceptarán entregas que contengan elementos a inventariar en zona de sombra.

Todas las personas o cualquier otro elemento que haya sido escaneado pero que no pertenezca a la infraestructura deberá ser identificado y excluido de la nube de puntos antes de la entrega. La nube de puntos deberá quedar igualmente limpia de imperfecciones y puntos aislados que puedan resultar de los trabajos de escaneo.

#### Puntos de control

Los puntos de control terrestre se utilizan para ajustar y validar la precisión de los datos LiDAR. El proveedor no debe utilizar estos puntos de ajuste como puntos de validación, lo que significa que se deben utilizar conjuntos separados de puntos para estos dos fines.

El uso de conjuntos separados de puntos para ajuste y validación permite una evaluación más independiente de la precisión de los datos LiDAR. El uso del mismo conjunto de puntos tanto para el ajuste como para la validación podría dar lugar a una evaluación sesgada de la exactitud de los datos, ya que cualquier error en los puntos de control se propagaría a través de los procesos de ajuste y validación.

El adjudicatario presentará para validación su plan de puntos de control y de validación que deberá ser suficiente para garantizar que los resultados sean precisos y confiables.

#### Puntos de control terrestre para ajuste

Estos puntos deben distribuirse a lo largo de las instalaciones.

Los puntos deben colocarse en ubicaciones que sean representativas de la superficie real del terreno y no estén sujetas a cambios. Esto permite un ajuste preciso de la nube de puntos LiDAR

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	13
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 13/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



y la validación de los datos de elevación resultantes.

#### Puntos de control para verificación

Se deben utilizar puntos de control terrestre para verificación con el objetivo de para verificar la precisión y calidad de los datos de la nube de puntos y se debe informar cualquier discrepancia. Estos puntos deben incluirse en los datos finales de la nube de puntos con sus correspondientes coordenadas.

La posición de los puntos deberá ubicarse en lugares estratégicos a lo largo del área de estudio de acuerdo con las siguientes reglas:

- Las coordenadas de los puntos deben estar en el mismo sistema de coordenadas que los datos de la nube de puntos.
- Un punto de control en cada extremo de la campaña de escaneo LiDAR.
- En zonas de estaciones: Se utilizará al menos una de las esquinas de un andén. En caso de que la plataforma tenga una longitud superior a 1 km, ambos lados de la plataforma deben configurarse como puntos de control.

#### Condicionantes de captación de imágenes

El sistema de captación de imágenes, debe poseer las siguientes características mínimas:

- El sistema debe poseer dos sistemas de cámaras, uno de ellos general de 360º y un segundo con cámaras de detalle calibradas.
- El sistema de cámaras general debe tener 360º con una resolución mínima de 24 MP
- El sistema de cámaras de detalle debe poseer como mínimo 6 cámaras: 4 laterales, una frontal y una trasera de pavimento. Cada una de estas cámaras tiene que poseer asimismo una resolución mínima de 24 MP
- Las imágenes de ambos sistemas deben estar hibridadas o poder fusionarse a nivel de visualización.
- Las cámaras laterales de detalle deben poder ser orientadas tanto horizontal como verticalmente, en función de las necesidades de proyecto.
- Velocidad de captura de imágenes de hasta 8fps, configurables por distancia
- Control de exposición, brillo, etc. automático
- Anonimización de caras y matrículas automática en tiempo real

#### Consideraciones adicionales

- El plan de escaneo se planificará y presentará para aprobación
- El sistema LiDAR se calibrará antes del inicio del estudio y a intervalos regulares durante y después del estudio para garantizar la precisión y calidad de los datos. Los informes de calibración serán revisados y aprobados por un profesional calificado antes de que comience el estudio. Se mantendrá y divulgará un registro de los resultados, informes y certificados de la calibración.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	14
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 14/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



- Se deberán generar nube de puntos con una clasificación básica en formatos LAS, E57, LGS y PTS y las imágenes en formatos JPG o PNG.

### 2.3. Inventario digital de la infraestructura y sus instalaciones, con caracterización de todas las infraestructuras y obtención de principales parámetros cuantitativos y cualitativos para la explotación y mantenimiento.

Con los escaneos, se hará un marcado y ubicación de la totalidad de los activos a inventariar. El contratista propondrá a disposición para verificación y validación los controles de calidad realizados de las nubes de puntos previos a los inventarios.

Los inventarios serán presentados y estructurados según la estructura de disciplinas y elementos de la guía bim y de acorde a clasificaciones de sistemas y subsistemas de mantenimiento del conjunto de los activos de su GMAO.

Se presentará un listado pormenorizado de activos inventariados en formato Excel (o similar) que incluya su posición, características cuantitativas y cualitativas y su código en el inventario en mantenimiento. Para aquellos activos que no dispongan de ese código, se acordará con la dirección del contrato, la nomenclatura de código a asignar. Se incluirá en estos listados los campos del set de propiedades de AOPJA:

SET DE PROPIEDADES DE AOPJA METROS		
IDENTIFICADOR DEL PARÁMETRO	TIPO CAMPO	VALOR POSIBLE
<b>07_AOPJA_EXPLOT_Y_MANTEN</b>		
07_01_CodigoActivo_COD_GMAO	xxxxxxx	Número de activo unico que se asigna en el GMAO (PRISMA3/4) al activo o lote de
07_02_DenominaciónActivo_COD_GMAO	texto	Denominación de activo que se asigna en el GMAO (PRISMA3/4) al activo o lote de activos.
07_03_CodigoEquipo_TIP_GMAO	XX-XXX	Código de equipo en el GMAO (PRISMA3/4)
07_04_ClaseEquipo_TIP_GMAO	XX-XXX	"Clase de equipo" en el GMAO (PRISMA3/4)
07_05_DenominaciónEquipo_ACT	texto	"Denominación de equipo" en el GMAO (PRISMA3/4)
07_06_MantenedorActivo_MAT_GMAO	XX	Mantenedor que tiene asignado dicho activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que lo denomina "Unidad de negocio".
07_07_Denom.MANTActivo_MAT_GMAO	XX	Denominación del mantenedor e asignado dicho activo en el GMAO (PRISMA3/4) y que ha incluido este set propiedades

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	15
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 15/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Se entregará también para facilitar la validación y aprobación de los inventarios un modelo GIS de los activos estructurado por capas y atributos. La estructura de capas y atributos será presentada para validación de la dirección del contrato previo al comienzo de los trabajos.

## **2.B. Modelización BIM del inventario de activos de línea L1 Metro Granada**

### **2.4. Modelización BIM de Obra Civil y trazado 3D de vías en el ámbito de toda la superficie de línea L1 Metro de Granada, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA.**

Tomando como referencia los escaneos, se levantarán los modelos de obra civil y trazado de toda la superficie de la línea L1 Metro de Granada.

Los modelos BIM estarán estructurados de forma que puedan ser gestionados de forma ágil y sencilla. El objetivo es la generación de modelos BIM estructurados que sean de utilidad para la gestión del mantenimiento y la generación del gemelo digital.

Todos los elementos (tanto vistos como enterrados u ocultos) que sean relevantes para la generación del gemelo digital deberán formar parte de los modelos. Para aquellos elementos que no puedan ser escaneados, se recurrirá a inspecciones visuales y a documentación gráfica de archivo.

En relación al trazado, se suministrará un trazado digitalizado de la totalidad de las vías que incluya también los ejes de carril. Estos trazados serán entregados en formato nativo, pero también en formatos abiertos landxml e ifc.

Se tomarán para los levantamientos de los activos la guía BIM de referencia y se deberán aplicar los usos BIM aplicables a estos modelos.

Como parte de los trabajos de modelado se garantizará que la tolerancia entre las nubes de puntos y los modelos BIM no excede en ningún caso los 5 cm. Pudiendo ser más restrictiva esta medida si es requerido por razones de operatividad del gemelo digital. El adjudicatario realizará un informe de ajuste de modelos y nubes de puntos previos a la entrega de los modelos.

El modelado podrá incluir elementos no físicos como pueden ser espacios, gálibos o áreas de acción si así es requerido para la gestión del mantenimiento.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	16
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 16/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Se presentará para validación previo al comienzo del modelado un Plan de Ejecución BIM (PEB) según requerimiento BIM de AOPJA disponibles en su web <https://www.aopandalucia.es/principal.asp?alias=bim>, donde se recojan según plantilla PEB :

- Los elementos que serán modelados
- El nivel de detalle de cada tipología de elemento
- La estrategia de segmentación y zonificación prevista
- La estructura de parámetros a incorporar
- La asignación y vinculación de elementos de los modelos con los GMAO
- Las herramientas que serán usados para el modelado
- Los procedimientos de validación y verificación previa a la entrega que serán aplicados

La integralidad de los modelos será presentada tanto en formato nativo como en formato abierto (.ifc) en su versión a definir por la dirección del contrato.

El adjudicatario tendrá que mostrar la integración de las nubes de puntos con los modelos BIM y la convergencia de las dos. Como parte de este trabajo, preparará infografías y recorridos virtuales que muestren esta integración y que puedan ser usados por la propiedad para la divulgación de los trabajos. El adjudicatario pondrá también a disposición de la dirección del contrato la biblioteca de elementos (en formato nativo y en IFC) que se hayan generado para poder ser añadida a la biblioteca de elementos BIM de la AOPJA.

**2.5. Modelización BIM de activos (no Obra Civil) de L1 MG, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA: nivel de desarrollo LOD 300 o superior, reg. set propiedades AOPJA, sist. Clasificación BIM RIH, etc. .**

Tomando como referencia los escaneos, se levantarán los modelos de las instalaciones de la línea L1 Metro de Granada.

Los modelos BIM estarán estructurados de forma que puedan ser gestionados de forma ágil y sencilla. El objetivo es la generación de modelos BIM estructurados que sean de utilidad para

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	17
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 17/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



la gestión del mantenimiento y la generación del gemelo digital.

Todos los elementos (tanto vistos como enterrados u ocultos) que sean relevantes para la generación del gemelo digital deberán formar parte de los modelos. Para aquellos elementos que no puedan ser escaneados, se recurrirá a inspecciones visuales y a documentación gráfica de archivo.

Se tomarán para los levantamientos de los activos la guía BIM de referencia y se deberán aplicar los usos BIM aplicables a estos modelos.

Como parte de los trabajos de modelado se garantizará que la tolerancia entre las nubes de puntos y los modelos BIM no excede en ningún caso los 5 cm. Pudiendo ser más restrictiva esta medida si es requerido por razones de operatividad del gemelo digital. El adjudicatario realizará un informe de ajuste de modelos y nubes de puntos previos a la entrega de los modelos.

El modelado podrá incluir elementos no físicos como pueden ser espacios, gálibos o áreas de acción si así es requerido para la gestión del mantenimiento.

Se presentará para validación previo al comienzo del modelado un Plan de Ejecución BIM (PEB) según requerimiento BIM de AOPJA disponibles en su web <https://www.aopandalucia.es/principal.asp?alias=bim>, donde se recojan según plantilla PEB :

- Los elementos que serán modelados
- El nivel de detalle de cada tipología de elemento
- La estrategia de segmentación y zonificación prevista
- La estructura de parámetros a incorporar
- La asignación y vinculación de elementos de los modelos con los GMAO
- Las herramientas que serán usados para el modelado
- Los procedimientos de validación y verificación previa a la entrega que serán aplicados

La integralidad de los modelos será presentada tanto en formato nativo como en formato abierto (.ifc) en su versión a definir por la dirección del contrato.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	18
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 18/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma	



El adjudicatario tendrá que mostrar la integración de las nubes de puntos con los modelos BIM y la convergencia de las dos. Como parte de este trabajo, preparará infografías y recorridos virtuales que muestren esta integración y que puedan ser usados por la propiedad para la divulgación de los trabajos. El adjudicatario pondrá también a disposición de la dirección del contrato la biblioteca de elementos (en formato nativo y en IFC) que se hayan generado para poder ser añadida a la biblioteca de elementos BIM de la AOPJA.

## **2.6. Coordinación y federación de modelos BIM por estructura de activos dados de alta en GMAO de Metro de Granada, incluyendo entrega de informes de autocontrol de calidad, check list, etc., y requerimientos BIM de AOPJA.**

Una vez generados el conjunto de los modelos, se hará una integración total de la línea que permita visualizar de forma combinada modelos y nubes de puntos.

El adjudicatario para realizar esta entrega al igual que la relacionadas con las actividades 2.1 ,2.2 ,2.4 y 2.5 deberá entregar y habilitar la plataforma tecnológica de la actividad 2.7, como espacio de intercambio y visualización que permita la integración.

Aportará también el conjunto de informes de autocontrol de calidad realizados para la verificación de los trabajos. El adjudicatario preparará al menos 3 talleres de presentación de los trabajos realizados en los que se muestre el proceso de trabajos seguidos. De la misma forma, el adjudicatario documentará en dos guías técnicas los trabajos realizados. Por un lado, una guía técnica de escaneo de infraestructuras e instalaciones en la que se recoja las lecciones aprendidas de los escaneos (y sus condicionantes) tanto estáticos como dinámicos. Por otro, una guía técnica de levantamiento y comprobación de modelos BIM en base a escaneos. Ambas guías técnicas serán aportadas a la dirección para su validación antes de la finalización de los trabajos.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	19
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 19/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



## **2.C. Plataforma para entrega de Nubes de puntos láser y fotogrametría 360 ° y escáner dinámico**

**2.7. Suministro de Plataforma tecnológica (software) colaborativa para gestión (alojar, visio-  
nar, compartir, incorporación de modelos BIM IFC, etc.) de Nubes de puntos láser (NBP) y foto-  
grametría 360º objeto de este contrato, gestionable desde servidores de la AOPJA, de forma  
permanente.**

Con objeto de disponer de representación, vectorización y modelado de las nubes de puntos, así como herramientas de análisis de deformaciones será necesario entregar una plataforma tecnológica colaborativa que permita trabajar de forma simplificada y con seguridad la gestión centralizada de la nube de puntos láser y fotogrametría a gran escala con análisis automatizado de nubes de puntos y modelado. Ha de ser un software simple que permita un flujo de trabajo con herramientas personalizadas para los campos de topografía, instalaciones e inspección, gestionable desde servidores de la OPJA, con licencia de forma permanente.

Esta plataforma debe permitir:

- Gestión centralizada de los proyectos: control de usuarios y gestión de datos desde un portal sencillo de administración en línea, basado en el navegador.
- Disponer de integración e interoperabilidad con plug ins para otros softwares: CAD Autocad, Revit, Navisworks, Bentley, Bricsad, arcGIS.
- Debe permitir un acceso seguro a los proyectos tanto a usuarios internos como externos, ya que debe disponer de herramientas administrativas de gestión de usuarios, accesos y proyectos. Todos los datos deben quedar registrados. Las sesiones se gestionan de manera central y remota.
- Debe consistir en una fuente única de datos eliminando sets de datos redundantes y duplicadas y permitir una vista común del proyecto, por lo que se mejora la calidad y la productividad.
- Esta plataforma debe permitir acceso web, a través del visor (del apartado Publicación de Datos en un visor) y a través de los plug ins para los softwares CAD como Autocad, Revit, Navisworks, Bentley, Bricsad.

Sus principales características deben ser:

- Edición y limpieza de nubes de puntos (manual y automática).
- Alineación de nubes de puntos a referencia/s.
- Modelado 3D de elementos básicos y complejos (malla adaptativa), que permita modelar, texturizar el modelo 3D con imágenes externas, realizar cortes y secciones e incluso reali-

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	20
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 20/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



zar inspecciones entre nubes de puntos y/o entre nubes de puntos y modelos teóricos. Dicha inspección debe ser representada por mapas de colores.

- Inspección / comparación: Nube-Nube, Nube-Malla, Malla-Malla, etc.
- Cálculos de volúmenes.
- Limpieza de vegetación.
- Extracción de edificios.
- Generación de ortofotos.
- Modelado de superficies planas y ajuste de líneas y polilíneas.
- Extracción de geometrías a partir de la nube de puntos.
- Creación de secciones transversales con respecto a un eje.
- Creación de perfiles longitudinales.
- Texturización de los modelos 3D.
- Creación de MDT y MDS.
- Generación de curvas de nivel.
- Generación de informes.

Además, la plataforma colaborativa deberán disponer de un visor que permita:

- Navegar en 3D a través de la nube de puntos.
- Medir distancias, ángulos y áreas sobre la nube de puntos.
- Cambiar el estilo de visualización de fotorrealismo a mapa de intensidades.
- Si la captura se realizó en HDR, poder modificar la exposición de la imagen.
- Poder crear capturas de pantalla, o incluso, videos a partir de la escena (\*.mp4).
- Limitar la visualización a un detalle específico.
- Cargar modelos IFC y OBJ para poder cotejar el estado de las instalaciones con modelos teóricos y poder, así, medir distancias de elementos reales con virtuales, hacer rebanadas a ambos, análisis visual de interferencias, etc.
- Visualizar y cargar nuevas geoetiquetas en posiciones específicas, donde se puedan vincular documentos, imágenes, urls, etc. con objeto de convertirlo en un documento interactivo.
- Hacer anotaciones o etiquetado sobre las imágenes panorámicas.

Como parte del alcance, el adjudicatario deberá realizar al menos 3 talleres de formación a técnicos de la AOPJA para familiarizarles en el uso de la herramienta. También generará una guía de uso que será presentada a la dirección antes de la finalización de los trabajos.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	21
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 21/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



## 2.8. Sum. Escáner laser LIDAR dinámico de mano y fotogrametría para actualización de inventario digital de línea 1 de Metro de Granada, de forma permanente.

Como parte del alcance, se tendrá que suministrar un escáner laser LIDAR dinámico de mano y fotogrametría para actualización de inventario digital de línea 1 de Metro de Granada.

Las características técnicas del equipo a suministrar son las siguiente:

El sistema debe disponer de un sistema de escaneo dinámico que le permita mantener la distancia adecuada para lograr un escaneado ideal y homogéneo. Debe escanearse los elementos de Metro de Granada desde una distancia no superior a los 6 metros, a fin de garantizar la máxima cobertura y el máximo nivel de detalle. El escáner láser será encapsulado y de cúpula completa, para evitar que el impacto de gotas de agua, polvo, etc., que afecten a la medición.

- El instrumento debe ser ligero y portable (carcasa de fibra de carbono y vidrio) con un peso inferior a 800g batería incluida.
- Dada la complejidad del entorno debe ser sencillo de manejar, pudiéndose operar con un solo botón y poder andar libremente por las instalaciones.
- Para poder asegurarse durante la medición que no hay pérdidas de información, zonas no capturadas o de sombra, deberá poder controlarse por dispositivo móvil mediante una aplicación para IOS o Android que permita la navegación 2D y 3D en vivo, comprobar el estado del dispositivo y gestión de datos comunicándose mediante WIFI con el instrumento.
- La memoria interna debe permitir 24 h de almacenamiento de datos.
- La batería debe ser intercambiable y que permita al menos 45-50 min de autonomía, deben disponerse de al menos 2 baterías adicionales para su recambio.
- El instrumento a utilizar debe capturar de forma simultánea LiDAR e imágenes para poder generar el modelo y posterior análisis de patologías en base a la imagen.
- Para evitar riesgo potencial al usuario se tratara de un láser clase1 (según IEC60825-1).
- Campo de visión: 360° vertical / 270° horizontal, para poder documentar aquellas zonas con mayor nivel de complejidad.
- Rango de escaneo: Min. 0,5 m / Max. 25 m.
- Velocidad de medición de puntos superior a 400.000 puntos por segundo, para maximizar el rendimiento de la documentación.
- Precisión relativa < 3 mm en superficie de hormigón / ladrillo
- Precisión absoluta (sin GNSS) < 10 mm superficie de hormigón / ladrillo
- Temperatura de funcionamiento: 0° - +40
- Rango IP: IP54

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	22
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 22/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Este software asociado al equipo deberá permitir la unión de escaneos de modo que se pueda obtener una única nube de puntos a partir de los distintos escaneos realizados. Y sus principales características deben ser:

- Unión de múltiples escaneos:
  - Importación de los datos previamente alineados por el propio escáner
  - Por puntos comunes pinchados directamente en la nube de puntos
  - Alineamiento visual de las nubes de puntos (deberá asegurar que los distintos conjuntos de datos comparten al menos un solape comprendido entre el 30 y 40%)
  - Automática por la adquisición de dianas o esferas
- Referenciación al sistema de coordenadas propio de Metro de Granada o absoluto ETRS89 y EPSG 25830.
- Delimitación de múltiples zonas en 3D.
- Inserción de etiquetas que vinculen documentos externos a posiciones específicas de la nube de puntos.
- Limpieza de la nube de puntos, manual y automática.
- Creación de cajas límite.
- Unificación de varias nubes en una sola.
- Generación de informes de precisión.
- Comprobación visual de la precisión mediante rebanadas (planos paralelos con separación configurable por el usuario) a la nube de puntos identificando por colores los distintos posicionamientos.
- Exportación a formatos estándar (\*.las, \*.pts, \*.ptx, \*.e57, \*.lgs, \*.rcp, ...).

Como parte del alcance, el adjudicatario deberá realizar al menos 3 talleres de formación a técnicos de la AOPJA para familiarizarles en el uso de la herramienta. También generará una guía de uso que será presentada a la dirección antes de la finalización de los trabajos.

### Programación de los trabajos

El periodo de duración del presente contrato será de DOCE (12) MESES, contados a partir de la fecha del acta de la orden de inicio.

Al comienzo del contrato, el adjudicatario presentará para validación un programa de trabajos del conjunto de las actividades. Además, se cumplirán los siguientes hitos parciales:

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	23
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 23/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



GEMELO DIGITAL PARA LA EXPLOTACIÓN DEL METROPOLITANO DE GRANADA Y TRAMBAHÍA DE CÁDIZ DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE PÚBLICAS MEDIANTE METODOLOGÍA BIM		
FASE		
2ª MODELIZACIÓN DE ACTIVOS Y DIGITALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS		
TMG	MODELIZACIÓN BIM ACTIVOS Y DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE METRO DE GRANADA T. MGG6129/OATO	Plazo desde la firma del acta de inicio de los trabajos
<b>Digitalización y levantamiento con tecnología escáner láser 3D de infraestructuras de L1 Metro Granada</b>		
2.1	Levantamientos de datos 3D mediante escaneo y captura mobil mapping de toda la infraestructura de la línea L1 Metro de Granada (13,186 km superficie + 2,737 km subterráneo + 2,737 km nivel calle de tramo subterráneo) con marcado de vía y mediante equipos dinámicos embarcados.	+4 meses
2.2	Levantamiento mediante tecnología escáner láser 3D y fotogrametría 360º de fuera del ámbito de la vía de la línea L1 Metro de Granada (estaciones subterráneas, recinto talleres y cocheras, oficinas, cuartos de instalaciones, subestaciones, etc.).	+ 4 meses
2.3	Inventario digital de la infraestructura y sus instalaciones, con caracterización de todas las infraestructuras y obtención de principales parámetros cuantitativos y cualitativos para la explotación y mantenimiento.	+5 meses
<b>Modelización BIM del inventario de activos de línea L1 Metro Granada</b>		
2.4	Modelización BIM de Obra Civil y trazado 3D de vías en el ámbito de toda la superficie de línea L1 Metro de Granada, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA.	+6 meses
2.5	Modelización BIM de activos (no Obra Civil) de L1 MG, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA; nivel de desarrollo LOD 300 o superior, reg. set propiedades AOPJA, sist. Clasificación BIM RIH, etc.	+9 meses
2.6	Coordinación y federación de modelos BIM por estructura de activos dados de alta en GMAO de Metro de Granada, incluyendo entrega de informes de autocontrol de calidad, check list, etc., y requerimientos BIM de AOPJA.	+11 meses
<b>Plataforma para entrega de Nubes de puntos láser y fotogrametría 360º y escáner dinámico</b>		
2.7	Sum. Plataforma tecnológica (software) colaborativa para gestión (alojar, visionar, compartir, incorporación de modelos BIM IFC, etc.) de Nubes de puntos láser (NBP) y fotogrametría 360º objeto de este contrato, gestionable desde servidores de la AOPJA, de forma permanente.	+4 meses
2.8	Sum. Escáner láser LIDAR dinámico de mano y fotogrametría para actualización de inventario digital de línea 1 de Metro de Granada, de forma permanente.	+8 meses

Dado que el proyecto está financiado por la Unión Europea a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, la programación de todas las actividades deberá ajustarse a la fecha límite que se establezca por fondos europeos, que actualmente es junio de 2026. Y a cualquier otro hito parcial.

### Medios humanos y materiales

El adjudicatario pondrá a disposición de esta prestación los medios humanos, informáticos y materiales necesarios para desarrollar correctamente los trabajos programados, aparte de asegurar que dispone de los medios propios suficientes para la buena ejecución de los trabajos.

Las actividades que deban desarrollarse se llevarán a cabo en oficinas propias del adjudicatario, sin perjuicio de que se realicen visitas periódicas a la infraestructura o las oficinas de la AOPJA, para celebrar reuniones de coordinación o para la realización de tareas concretas que no puedan realizarse de otra forma por imperativos técnicos.

Todos los derechos de explotación de la documentación que se genere en el ámbito de los trabajos objeto de este encargo corresponden únicamente a la AOPJA con exclusividad a todos los

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	24
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 24/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



efectos.

El personal de la empresa adjudicataria encargada del desarrollo de la prestación dependerá a todos los efectos de la empresa, y por tanto ésta será la única competente para establecer el marco de las relaciones laborales.

Deberán ser desarrolladas por el siguiente equipo técnico:

EQUIPO TÉCNICO	TITULACIÓN	AÑOS DE EXPERIENCIA REQUERIDOS	DEDICACION (%)
Jefe de la Asistencia Técnica	Técnico Superior Ingeniero	7 años	75%
Técnico especialista en modelización openBIM y su gestión.	Técnico Medio/Grado/Máster preferentemente en modelización y metodología BIM	3 años	33%
Técnico especialista en sistema de información geográfica (SIG), cartografía y topografía.	Técnico Medio/Grado/Máster preferentemente en topografía y SIG	3 años	33%
Técnico especialista en levantamiento de datos 3D mediante escaneo láser, captura mobil mapping y fotogrametría.	Técnico Medio/Grado/Máster preferentemente en captura laser	3 años	33%

Se deberá contar un Jefe de proyecto con más de 5 años de experiencia demostrable en la ejecución de este tipo de trabajos. Así mismo las personas asignadas al proyecto deberán de disponer de más de 3 años de experiencia en la ejecución de este tipo de trabajos y formación específica en Metro. Se deberá presentar documentación acreditativa que demuestre dicha formación recibida.

El contratista deberá tener experiencia demostrable en la realización de documentación BIM a partir del uso de la nube de puntos.

### Equipos de medición y software

Con objeto de garantizar la máxima estandarización y homogeneidad de los entregables, los datos de todos los sensores deben interoperables entre los distintos hardware y software para su descarga, referenciación, edición, limpieza, etc.

Se deberá presentar certificados de propiedad y calibración actualizados de los equipos de medición láser que cumplan con las especificaciones mencionadas. Igualmente para el software se deberá presentar certificados que demuestren que se dispone de las licencias de software de registro y publicación.

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	25
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 25/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



### Valoración y abono de los trabajos

La valoración de los trabajos para su correspondiente abono se realizará por el sistema de precios unitarios reflejado en el PCP.

El sistema de determinación del precio será por unidades de ejecución, es decir, medición por precio unitario. Sin perjuicio de que una vez inventariado las infraestructuras las superficies y longitudes obtenidas resulten distintas de la medición licitada, en cuyo caso el importe total se prorrateara sobre la medición obtenida y así el precio unitario se adaptará para cuadrar el importe total de cada partida, solo para aquellas unidades de ejecución que dependan de las mediciones extraídas de inventario digital y para aquellas otras que dependan del número de activos existentes a la fecha de realización de los trabajos.

El presupuesto base de licitación (sin IVA) asciende a la cantidad de TRESCIENTOS DOS MIL CIENTO VEINTIÚN EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS DE EURO (302.121,66 €), según el siguiente desglose:

Tipo de pliego	Pliego de prescripciones técnicas	26
Procedimiento de adjudicación	Servicios abierto. Fondos europeos	
Fecha de redacción	Diciembre 2023	

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 26/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	

GEMELO DIGITAL PARA LA EXPLOTACIÓN DEL METROPOLITANO DE GRANADA y TRAMBAHÍA DE CÁDIZ					
DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE PÚBLICAS MEDIANTE METODOLOGÍA BIM					
FASE					
2ª MODELIZACIÓN DE ACTIVOS Y DIGITALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS					
TMG	MODELIZACIÓN BIM ACTIVOS y DIGITALIZACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE METRO DE GRANADA T-MG6129/OATO	MEDICIÓN		PRECIO MÁX. UNITARIO	PRESUPUESTO
2.A.	<b>Digitalización y levantamiento con tecnología escáner láser 3D de infraestructuras de L1 Metro Granada</b>				<b>121.271,52 €</b>
2.1	Levantamientos de datos 3D mediante escaneo y captura mobil mapping de toda la infraestructura de la línea L1 Metro de Granada (13,186 km superficie + 2,737 km subterráneo + 2,737 km nivel calle de tramo subterráneo) con marcado de vía y mediante equipos dinámicos embarcados.	18.660,30	m	3,00 €/m	55.980,90 €
2.2	Levantamiento mediante tecnología escáner láser 3D y fotogrametría 360º de fuera del ámbito de la vía de la línea L1 Metro de Granada (estaciones subterráneas, recinto talleres y cocheras, oficinas, cuartos de instalaciones, subestaciones, etc.).	126.027,89	m2	0,37 €/m2	46.630,32 €
2.3	Inventario digital de la infraestructura y sus instalaciones, con caracterización de todas las infraestructuras y obtención de principales parámetros cuantitativos y cualitativos para la explotación y mantenimiento.	1,00	ud	18.660,30 €/ud	18.660,30 €
2.B.	<b>Modelización BIM del inventario de activos de línea L1 Metro Granada</b>				<b>102.369,00 €</b>
2.4	Modelización BIM de Obra Civil y trazado 3D de vías en el ámbito de toda la superficie de línea L1 Metro de Granada, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA.	544,00	ud	46,00 €/ud	25.024,00 €
2.5	Modelización BIM de activos (no Obra Civil) de L1 MG, estructurado según activos de GMAO de Metro de Granada y requerimientos BIM de AOPJA: nivel de desarrollo LOD 300 o superior, reg. set propiedades AOPJA, sist. Clasificación BIM RIH, etc.	9.837,00	ud	6,03 €/ud	59.311,00 €
2.6	Coordinación y federación de modelos BIM por estructura de activos dados de alta en GMAO de Metro de Granada, incluyendo entrega de informes de autocontrol de calidad, check list, etc., y requerimientos BIM de AOPJA.	10.381,00	ud	1,74 €/ud	18.034,00 €
2.C.	<b>Plataforma para entrega de Nubes de puntos láser y fotogrametría 360º y escáner dinámico</b>				<b>78.481,14 €</b>
2.7	Sum. Plataforma tecnológica (software) colaborativa para gestión (alojar, visionar, compartir, incorporación de modelos BIM IFC, etc.) de Nubes de puntos láser (NBP) y fotogrametría 360º objeto de este contrato, gestionable desde servidores de la AOPJA, de forma permanente.	1,00	ud	24.590,72 €/ud perm.	24.590,72 €
2.8	Sum. Escáner laser LIDAR dinámico de mano y fotogrametría para actualización de inventario digital de línea 1 de Metro de Granada, de forma permanente.	1,00	ud	53.890,42 €/ud perm.	53.890,42 €
				<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (SIN IVA)</b>	<b>302.121,66 €</b>
				<b>IVA (21%)</b>	<b>63.445,55 €</b>
				<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA:</b>	<b>365.567,21 €</b>

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 27/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A		https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma	

## Anexo 1:

# Descripción técnica de la Línea 1 del Metropolitano de Granada

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 28/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	

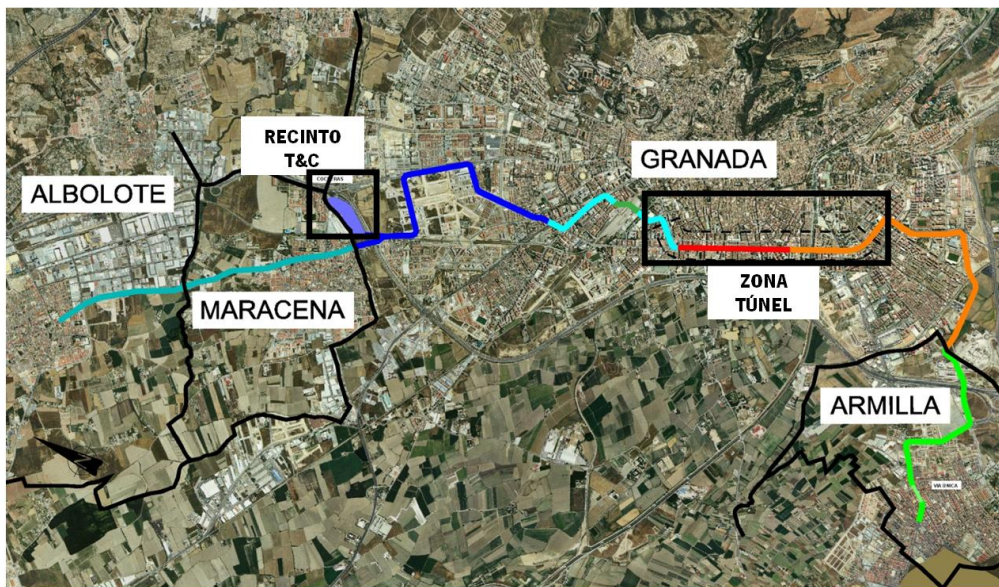


## **ANEXO 1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA LÍNEA 1 DEL METROPOLITANO DE GRANADA**

### **1. DESCRIPCIÓN GENERAL LÍNEA 1 DEL METROPOLITANO DE GRANADA**

La Línea 1 del Metropolitano de Granada, cuya entrada en servicio comercial se produjo el 21 de septiembre de 2017, ha supuesto la introducción de un nuevo medio de transporte en el Área Metropolitana de Granada que ha inducido un cambio global en las dinámicas de los sistemas de transporte de pasajeros, apostando por modelos más eficientes energéticamente y más sostenibles.

El Metropolitano de Granada es una infraestructura de transporte público de metro ligero con 15.923,30 m de longitud, de los cuales 13.186,01 m van en superficie y 2.737,29 m subterráneos, que discurre por los términos municipales de Albolote, Maracena, Granada y Armilla con vía doble de ancho internacional (1.435 mm), a excepción de 528 m en vía única dentro del Término Municipal de Armilla a su paso por la Calle Real y Calle Poniente, por motivos de espacio disponible y usos.



La población servida (residentes a menos de 500 metros de una estación o parada) es de 133.636 personas, con una demanda que en el primer año de funcionamiento se situaba en torno a 10 millones de viajeros, con una previsión de alcanzar los 13 millones de usuarios el tercer ejercicio de la explotación comercial.

Con este recorrido, la duración del itinerario entre sus dos extremos, Albolote y Armilla, es de 47 minutos aproximadamente, con una velocidad comercial media próxima a 20 km/h.

La plataforma reservada del sistema tranviario discurre por el centro de las avenidas y sistemas generales, adaptándose su trazado a las mismas, lo que determina que existan 10 curvas con radios inferiores a 50 m, siendo 25,2 m el radio mínimo existente.

La sección de la doble vía de metro ligero en superficie tiene 8 m de anchura entre las líneas de GLO (Gálbo Libre de Obstáculos), si bien el marco de actuación para la implantación del sistema tranviario ha sido mayor al estar incluida la urbanización completa, de los viales por los que discurre el trazado del Metropolitano de Granada, de fachada a fachada, lo que ha supuesto una nueva ordenación del espacio público con criterios de accesibilidad y

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 29/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



sostenibilidad. La reurbanización se ha realizado sobre 718.984 m<sup>2</sup>, cuantificándose la inversión realizada en este concepto en una tercera parte del presupuesto de la obra civil.

La vía está formada por carriles de garganta 60R2 que se colocan embutidos en una losa de hormigón armado situándose a la misma cota que la superficie de acabado, por lo que las vías pueden ser atravesadas por otros medios de transporte en los lugares previstos para ello, y la plataforma puede ser utilizada por vehículos de mantenimiento, emergencias, bomberos, ambulancias y otros. En el tramo en túnel, la sección de la doble vía está formada carriles de garganta 60R2 embebidos en hormigón armado.

El sistema de electrificación de la línea se conforma con dos acometidas de 66kV en las Subestaciones de Juncaril y Nevada, y con un anillo de media tensión de 20Kv que suministra energía a las siete subestaciones que reparten la energía con su correspondiente potencia de uso a las distintas secciones de la Línea.

La conducción en la Línea se realiza con marcha a la vista, con señalización y semaforización ferroviaria, para aumentar la seguridad y apoyo a la misma. La dirección y control de la Línea se realiza desde el Puesto de Control Central (PCC).

En los cruces con el tráfico rodado y de peatones se han instalado un sistema de señalización para controlar y regular los movimientos de vehículos, peatones y trenes. Este sistema da prioridad de paso al Metropolitano, estableciendo ondas de regulación que coordinan los cruces, adaptándolos a la cadencia de paso de las unidades móviles del Metropolitano.

En la explotación del Metropolitano de Granada se circula en modo de "Marcha a la Vista" con la asistencia del sistema FAP. Así la conducción la realiza el conductor, estableciendo la velocidad de acuerdo con las indicaciones de las señales y el entorno en que se encuentre, parando la unidad en caso de necesidad. Tanto en superficie como en subterráneo cuenta con la asistencia del sistema FAP, que supervisa el perfil estático de velocidad aplicando tres niveles de actuación cuando se supera el umbral de velocidad establecido.

Para determinar el servicio de transporte de pasajeros en función de la demanda esperada se diferencian distintos periodos (días laborables, fin de semana, festivos, eventos especiales periódicos y servicios extraordinarios) con una malla de operación formada por 13 unidades en hora punta.

Los intervalos actuales de paso para un día tipo laborable de invierno son los siguientes:

INVIerno			Intervalo de paso (min)	
			Laborables L-J	Laborables Viernes y vísperas Festivo
6:30	a	7:30	15	15
7:30	a	8:30	8	8
8:30	a	9:30	8	8
9:30	a	10:00	8	8
10:00	a	11:30	10	10
11:30	a	12:30	10	10
12:30	a	13:30	10	10
13:30	a	14:30	8	8
14:30	a	15:30	8	8
15:30	a	16:30	8	8
16:30	a	17:30	8	8
17:30	a	18:30	8	8
18:30	a	19:30	8	8
19:30	a	20:30	8	8
20:30	a	21:30	15	15
21:30	a	22:30	15	15
22:30	a	23:00	15	15
23:00	a	0:30	Sn servicio	30
0:30	a	2:00	Sn servicio	30

Como paradas para la regulación se utilizan principalmente las terminales, que en este caso son las paradas Albolote y Armilla.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 30/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A		<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



A continuación se describen los principales sistemas, infraestructuras e instalaciones implicados directamente en la explotación de Metropolitano de Granada, incluyendo además el Material Móvil. Se divide la descripción en MATERIAL MOVIL, OBRA CIVIL, ENERGIA Y SISTEMAS.

## 2. MATERIAL MOVIL

La flota de trenes ligeros del Metropolitano está compuesta por 15 unidades CAF Urbos III, con capacidad para 240 pasajeros. Estas unidades incorporan el sistema ACR (Acumulador de Carga Rápida), tecnología por la que la carga eléctrica se almacena al llegar a la parada, lo que le permite recorrer los 4 tramos sin catenaria existente en el trazado del Metropolitano, con una longitud acumulada de 4,7 Km. Los vehículos tienen 48 plazas sentadas, con dos plazas específicas para PMR y espacio para el transporte de bicicletas. Además, cada tren dispone de dos cabinas de conducción, una en cada extremo, lo que les permite circular en ambas direcciones sin necesidad de maniobrar en las paradas terminales.

El acceso al interior de las unidades se realiza a través de seis puertas de acceso en cada lateral, dos simples y cuatro dobles, dotadas todas ellas con sistema de apertura manual y automático centralizado. El material móvil tiene una longitud de 32,36 m en su composición actual, repartida en cinco módulos: C1-S1-R-S2-C2

- Módulos C1 y C2: Módulos dispuestos en los extremos de la unidad. Disponen de cabina de conducción y están sustentados por su propio bogie motor.
- Módulo R: Módulo central sustentado por su propio bogie remolque.
- Módulos S1 y S2: Módulos intermedios que no están sustentados por un bogie sino que se encuentran suspendidos de los módulos adyacentes.

Los pasillos de intercomunicación permiten el paso entre módulos. El vehículo es de piso bajo, lo que facilita el acceso desde el exterior, así como la movilidad de los pasajeros en el interior del mismo. En los testeros frontales se dispone de enganches que permiten el acoplamiento entre unidades para dar servicio en composición múltiple.

Ficha de URBOS III

- Longitud del vehículo de tope a tope.....32.366 mm
- Anchura del vehículo.....2.400 mm
- Altura del vehículo.....3.600 mm
- Altura del piso.....350 mm
- Diámetro rueda nueva.....590 mm
- Diámetro límite de desgaste.....510 mm
- Peso vehículo en tara.....45.500 Kg
- Zonas PMR.....2
- Plazas de pie .....190
- Tensión en catenaria.....750Vcc
- Baja tensión.....400/230 Vca
- Baja tensión.....24Vcc
- Velocidad máxima.....70 Km/h
- Aceleración máxima.....1,2 m/s<sup>2</sup>
- Deceleración máxima de servicio.....1,2 m/s<sup>2</sup>

## 3. OBRA CIVIL

A nivel de Obra civil se separa esta descripción del Metropolitano en tres grandes lotes:

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 31/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



- a) Superestructura de vía
- b) Paradas y estaciones
- c) Recinto talleres y cocheras
- d) Resto

#### a. SUPERESTRUCTURA DE VÍA

##### PLATAFORMA

La tipología existente corresponde a una vía embebida con tres tipos de acabados:

- Revestimiento con baldosa de granito,
- Césped artificial,
- Aglomerado (acabado con mezclas bituminosas)

##### VÍA

Encima de la base de hormigón armado, dentro de las entalladuras dispuestas al efectúan situados los carriles RI-60N embutidos en el material elastomérico (poliuretano bicomponente), tanto por los laterales como por su parte inferior. Se adosan al alma de los carriles, por los dos lados, unas piezas prefabricadas de hormigón que se apoyan en el patín, con el objeto de reducir el volumen necesario de material elástico.

##### APARATOS DE VÍA

Los aparatos de vía a utilizar en tramos en superficie serán del tipo tranviario, construidos con carril de garganta y de similares características (RI-60N) que el utilizado en vía general

#### b. PARADAS Y ESTACIONES

Se trata de una línea de clara funcionalidad metropolitana, en cuyo recorrido se incluyen 23 paradas y 3 estaciones para acceder a equipamientos de interés supramunicipal, como centros tecnológicos, universitarios, hospitales e instalaciones deportivas, así como para favorecer el intercambio con otros modos de transporte:

- Superficie: Albolote, Juncaril, Vicuña, Anfiteatro, Maracena, Cerrillo Maracena, Jaén, Estación Autobuses, Argentinita, Luis Amador, Villarejo, Caleta, Estación Ferrocarril, Universidad, Hípica, Andrés Segovia, Palacio Deportes, Nuevo los Cármes, Dilar, Parque Tecnológico, Nevada, Fernando de los Ríos, Armilla.
- Soterradas, Méndez Núñez, Recogidas y Alcázar del Genil, que disponen de:
  - Accesos exteriores y de línea:
    - Escaleras
    - Medios Mecánicos verticales y horizontales (escaleras mecánicas y ascensores)
  - Vestíbulo
    - Maquina expendedoras de billetes y canceladoras
    - Sistema de control cerrado/cerrado con barreras reversibles
    - Cuarto de venta de billetes
    - Oficina de atención al viajero
    - Cuartos de personal
  - Andén

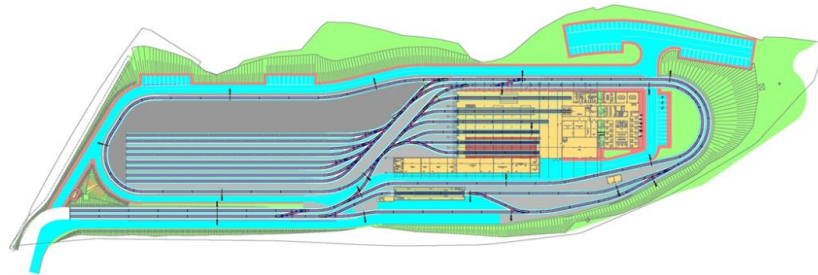
En la Estación de Recogidas se encuentra un punto de información.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 32/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



### c. RECINTO TALLERES Y COCHERAS

Los Talleres y Cocheras están ideados para que funcione como centro neurálgico de todo el metro de manera que en este recinto se aglutinarán todas las actividades principales, tanto de explotación como de control.



Se trata de una parcela de unos 60.000m<sup>2</sup> donde se incluye:

- Estación de servicio para las operaciones de mantenimiento y controles cotidianos
- Estación de lavado
- Estacionamiento del Material Móvil
- Edificio de talleres donde estarán todas las instalaciones para realizar el mantenimiento del material móvil. Adosado a este edificio se ubican todos los locales técnicos.
- Edificio de Oficinas donde se ubica en Puesto de Control Central (PCC)
- Puesto de guarda.
- Aparcamiento de vehículos del personal de conducción, del personal de mantenimiento, del personal administrativo y de los visitantes.
- Zonas de maniobra para los camiones (semirremolques) en la entrega de los equipamientos del establecimiento.
- Instalaciones y las zonas de estacionamiento necesarias para el mantenimiento de las instalaciones fijas (el vehículo Bi-vial, las zonas de almacén al aire libre)
- Isla Ecológica: zona de almacenamiento de productos usados (aceites,...)
- **Puesto de Control Central (PCC)** del Metropolitano.

### d. RESTO DE ELEMENTOS

A lo largo del trazado destaca la presencia de diversos elementos necesarios para el funcionamiento del metro, que se enumeran a continuación:

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 33/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



1. Un punto de Información al ciudadano/Apoyo a la Explotación y baño de línea, situado, en un extremo de la Línea, en Albolote. Es posible que en un futuro sea implantado un segundo punto de información y baño de línea en el otro extremo de la línea, en Armilla
2. Caseta de descanso para conductores junto a la parada de Cerrillo de Maracena
3. Aparcamiento Disuasorio de Juncaril, en el polígono de Juncaril y próximo a la parada Juncaril. Este es un punto de intercambio entre el vehículo privado, bicicletas,.. y el Metropolitano, disuasorio para evitar la entada de estos modos ajenos al metro ligero a la ciudad.
4. Paso Inferior Peatonal, en el Cerrillo de Maracena que cuenta con dos accesos, ubicados, uno de ellos en la Avenida de Maracena con una cota de acceso de 662,62m, y el otro ubicado al otro lado de las vías, en el nuevo parque, y desde el que se accede en la cota de andén de la parada Cerrillo de Maracena a 670,15m. El paso bajo las vías se resuelve mediante la construcción de un cajón de hormigón, que se ejecuta hincado en la zona justo bajo plataforma de largo recorrido, e in situ bajo la plataforma tranviaria. El acceso al paso inferior en la Av. Maracena puede realizarse directamente desde un ascensor o a través de una escalera. Ya una vez en cota 664,00 se abre un recorrido longitudinal correspondiente al cajón y desde el que se realiza un ascenso salvando las vías, y hasta el acceso situado en el parque. Este ascenso nos lleva a la cota 665,44, desde donde arranca una escalera y se sitúa un ascensor para poder llegar a la cota 670,15, desde la que se produce la salida a cota de andén del metro ligero.



5. Pasos inferiores de la plataforma de MG bajo infraestructuras:
  - o Paso inferior bajo la autovía A-44 mediante túnel con pantallas de pilotes de hormigón armado de 1,2 m de diámetro y losa de cubrición de hormigón armado de 80 cm de canto. Dimensiones interiores del túnel 10,5 x 13,86 m, y 1 nivel de estampidores.
  - o Paso del ramal técnico bajo la autovía también mediante pantallas de pilotes de hormigón armado de 1,2 m de diámetro y losa de cubrición de hormigón armado de 80 cm de canto. La sección interior deja espacio para el ramal técnico y para una calzada de doble, carril bici y aceras. Dimensiones interiores 20,9 x 6,62 m y línea de pilotes-pilares de 1,2 m de diámetro en el centro de la sección.
  - o Paso bajo la línea férrea mediante cajón hincado con apeo de la vía férrea, de hormigón armado. Éste cajón tiene un canto constante en dintel, solera de 1.1 m, y en los hastiales de 1 m y dimensiones interiores 5,3 x 12 m.
  - o Paso inferior bajo la autovía A-44 en Armilla mediante túnel con pantallas de pilotes de hormigón armado de 1 m de diámetro y 17,5 m de longitud y losa de cubrición de hormigón armado de 80 cm de

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 34/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



canto. Ancho libre de paso: 9 m. El paso de la línea bajo un ramal de acceso de la A-44, se realiza mediante un cajón de hormigón armado in situ con muros laterales de 70 cm y horizontales de espesor. Ancho libre de paso: 9,30 m.

6. Arroyo San Jerónimo: mantenimiento de los restos arqueológicos encontrados, consistente en una antigua bóveda, que se protege mediante una losa de protección y un geotextil para evitar la alteración de los hallazgos.
7. Pozos de Bombeo:
  - En Línea:
    - Paso inferior cerrillo Maracena: Pozo de bombeo ejecutado mediante tubos de hormigón armado y con una profundidad de pozo de 6 m.
    - Paso inferior Nevada: Pozo de bombeo en el punto bajo de la línea que coincide con el paso inferior bajo la A-44, y cuya función es recoger las aguas que queden en este punto y bombearlas hacia la red de pluviales municipal.
    - Talleres y Cocheras
    - Paso Inferior Peatonal Cerrillo de Maracena
  - En Túnel:
    - Pozo de bombeo ejecutado junto Méndez Núñez, mediante pantallas de hormigón armado. Su función es recoger las aguas que entren en el túnel de línea y bombearlas hacia la red de pluviales municipal.
    - Pozo de bombeo junto Alcázar del Genil, ejecutado mediante pantallas de pilotes de hormigón armado « in situ » de 1 m de diámetro e intereje 1 m con longitudes de 28 m.
  - En Subestaciones

#### 4. ENERGÍA

La definición de las instalaciones de energía de MG se diseñan para:

- Alimentación a 750 Vcc en carga de la línea de catenaria
- Circulación de un Material Móvil tipo Metro Ligero
- En caso de que un grupo rectificador de una subestación de tracción quede fuera de servicio, las subestaciones colaterales deberán estar conectadas eléctricamente de forma que el tramo eléctrico afectado siga prestando servicio en condiciones normales de explotación.
- Condiciones de explotación máximas para un intervalo de 4,5min. en unidad simple
- Limitación de la caída de tensión de catenaria según la norma EN 50163
- Limitación de la tensión Carril-Tierra según la norma EN 50122-1 y EN 50122-2
- Cada parada está alimentada por la subestación la más cercana.

Los **elementos para la alimentación y distribución de energía** de la línea son básicamente los siguientes:

- Líneas aéreas de tracción (750 V corriente continua).
- 7 Subestaciones Eléctricas de Tracción repartidas por toda la traza.
- 17 Armarios Feeder de alimentación a la traza.
- 13 Armarios AAT (Armarios Automáticos Telemandados) para aislar subsecciones entre subestaciones en caso de avería.
- 2 Puntos de acometida de energía eléctrica.
- Líneas subterráneas de MT para suministro eléctrico en 20 Kv.
- Se dispone de tramos sin catenaria usando el equipo ACR del Material Móvil CAF.
- Sistema de Telemando de energía con puesto en el Puesto de Control Central.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 35/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



### Distribución BT en parada

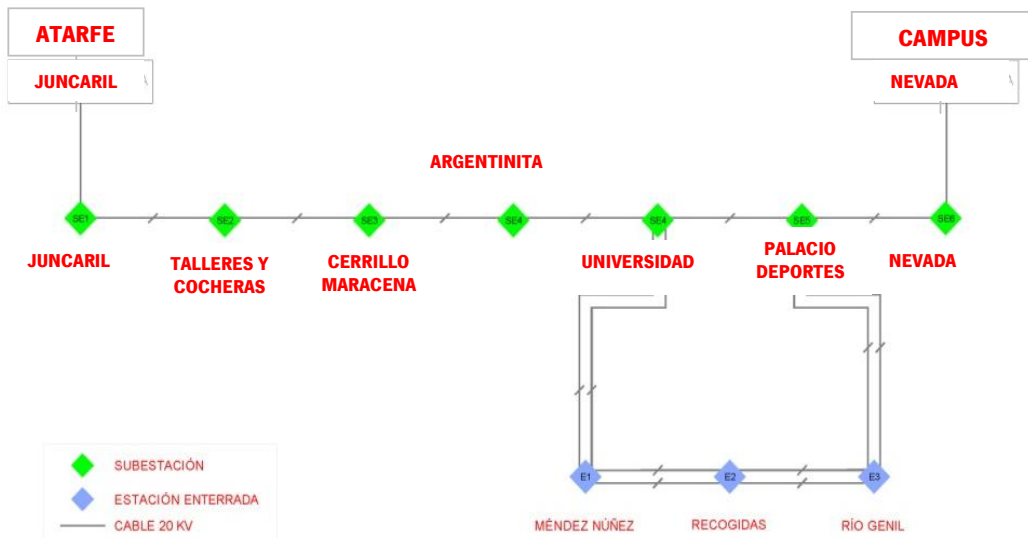
Suministro e instalación de un cuadro BT en cada parada en superficie. Cada parada tendrá un cuadro Baja Tensión para alimentar los equipos siguientes:

- Los equipos de Señalización Ferroviaria  
Distribuidores Automáticos de Billetes
- Los armarios de red de comunicación, de megafonía, de interfonía,
- Las cámaras
- El alumbrado del monolito,...

### Acometidas

Destacan por su importancia las 2 acometidas 66kV de la red de Endesa y 7 subestaciones:

- ACOMETIDA JUNCARIL: Línea eléctrica aéreo-subterránea necesaria para asegurar el suministro eléctrico a la nueva Subestación Transformadora 66/20kV 10,5MVA, denominada JUNCARIL, así como el conjunto de infraestructuras necesarias para asegurar el suministro eléctrico a las subestaciones de tracción del Metropolitano de Granada que se recogen en la siguiente imagen. Dicha línea se conecta a la Red de Distribución en la Subestación Atarfe 220/66kV, propiedad de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U, en el municipio de Atarfe.
- ACOMETIDA NEVADA: Línea eléctrica subterránea necesaria para asegurar el suministro eléctrico a la nueva Subestación Transformadora 66/20kV 10,5MVA, denominada NEVADA, así como el conjunto de infraestructuras necesarias para asegurar el suministro eléctrico a las subestaciones de tracción. Dicha línea se conecta a la Red de Distribución en la Subestación Campus 220/66kV, propiedad de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U.



Se instalan en multitubular los cables 20 KV que unen las subestaciones de tracción y las tres estaciones enterradas con su puerta en servicio.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 36/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6VVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



### Línea aérea de contacto (LAC)

Las líneas aéreas de contacto son del tipo "línea de contacto simple", es decir, están constituidas únicamente por el hilo de contacto, sin sustentador o feeder aéreo, como para las líneas del tipo "catenaria". Las líneas serán de tres tipos:

- Compensadas
- Sin compensación
- Rígidas

Las LAC de la Línea 1 son compensadas en el exterior. No son compensadas en algunos tramos cortos y con curvas importantes, en las entradas/salidas del túnel y en las Cocheras. Dentro del túnel, las catenarias serán de tipo rígido. La distancia máxima entre postes será de 50m, la altura del hilo de catenaria se encontrará en el exterior a 6m de altura con una flecha permisible de 30cm, los descentramientos autorizados son de  $\pm 20$ cm, en el túnel la altura de la catenaria se podrá limitar a 4,5m, y en los talleres debido a los equipos, la catenaria se situará entre 6,20m y 6,30m.

La compensación de los hilos de contacto trata de compensar los efectos de la dilatación del cobre provocadas por incrementos de temperatura. Los hilos de contacto se mantienen en tensión mecánica constante, a través de aparatos tensores automáticos instalados en un extremo (o en los dos) del tramo de catenaria compensada (la compensación es independiente para cada vía). La flecha de los hilos entre dos puntos de suspensión queda constante en el rango de temperaturas a los que aplique la compensación. Así pues, estos aparatos tensores automáticos, constituidos por un conjunto de poleas y contrapesos, compensan las variaciones de temperatura.

La línea aérea está descompuesta en tramos llamados cantones, la longitud de los cuales debe estar entre los 1200 y los 1500 metros. Un punto fijo de anti-deslizamiento se instala en mitad de cada cantón. También se puede realizar un cantón (en función de la configuración de la línea) con un anclaje fijo en un lado y un aparato tensor en el otro. La longitud máxima de este tipo de cantones debe limitarse a 750 para permitir un buen funcionamiento del aparato tensor (concretamente para no aumentar demasiado la carrera de los contrapesos del aparato tensor).

### Postes

Se ha optado por postes de forma tubular tronco cónico, que podrán ser de fundición o galvanizados y en su caso pintados, lo que les dará un aspecto armónico con el entorno y el resto de la catenaria (la forma y el material será definido en un concurso de arquitectura).

Se fijarán al macizo con pernos roscados lo que facilitará tanto el proceso de montaje como su mantenimiento y reposición en caso de ser inutilizados por impacto. Ciertos postes tendrán una ventana, en la parte superior, que será utilizada para la alimentación del feeder (están posicionados en los planos de LAC).

La parte inferior del poste llevará dos orejetas para conectarlo eléctricamente al sistema de puesta a tierra (pica y cable colector).

En la línea los postes se agrupan en 4 tipos (tronco cónicos) de dos alturas posibles (8,5m y 10,5m) y dos tipos de postes HEB. En talleres se utilizarán postes tronco cónicos no arquitecturales, o HEB.

### Ménsulas

Las ménsulas serán aislantes en todos los tramos no requiriendo los aisladores tradicionales al estar fabricadas con un núcleo de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio y recubiertas de fibra. Ello proporcionará además una protección adicional contra los efectos medioambientales (agentes corrosivos, sales, radiación ultravioleta, etc).

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 37/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



### Subestaciones Eléctricas

- Equipamiento de las subestaciones de tracción necesarias para satisfacer las necesidades de la Línea y de los Talleres y Cocheras con grupos rectificadores de 900 KW y celdas feeder 750 Vcc comprendiendo los equipos para el suministro de energía , transformación , rectificación, control y telemando así como las instalaciones de servicios auxiliares.
- Cables positivos +750 Vcc de conexión a catenaria desde cada subestación.
- Cables negativos de retorno desde cada subestación a cada carril vía 1 y vía 2.
- Cables de alimentación y control de los indicadores de tensión desde las SSEE y los mismos, o también desde el cuadro baja tensión de las paradas, según el caso.
- Cables de alimentación y control de los armarios AAT desde las SSEE y los mismos, o también desde el cuadro Baja tensión de las paradas, según el caso.
- El sistema de ventilación de cada subestación.
- El sistema de aire acondicionado para la sala de los equipos para cada subestación de tracción en superficie.
- El sistema de detección de incendios.
- El sistema de alumbrado Normal y de Emergencia.

### Distribución de Energía

- Interconexiones entre todas las SSEE a través un cable de 20 KV.
- Interconexiones entre algunas SSEE y las tres estaciones enterradas mediante cables de 20 KV.
- Interconexiones entre las tres estaciones enterradas mediante cables de 20 KV.
- Interconexión entre las subestaciones de tracción de línea, los armarios AAT, y los armarios feeder AF mediante el cable feeder 750Vcc
- Suministro e instalación de los armarios VTD de protección contra el riesgo eléctrico. Estos armarios se instalan en los monolitos de las paradas, y, también en algunos postes de catenaria en las áreas de interparadas.
- Suministro e instalación de los armarios 750 Vcc de corte de tensión y puesta a tierra de las diferentes áreas de los Talleres y Cocheras así como la estación de servicio, la máquina de lavar y las vías del taller.
- Suministro e instalación del armario de emergencia 750 Vcc ubicado en la entrada/salida de los Talleres y Cocheras.
- Interconexión entre las subestaciones de tracción y los armarios AAT del cable de arrastre.
- Interconexión entre las subestaciones de tracción, las estaciones enterradas, la sala del Puesto de Control Centralizado (PCC) del cable de parada de emergencia.
- Interconexión entre las subestaciones de tracción y las paradas en superficie mediante cables Baja Tensión de alimentación de parada.
- Cuadros de Baja Tensión en cada parada. Instalación que incorpora los circuitos de alimentación de los distintos equipos de las paradas (Megafonía, Interfonía, DAB, armarios eléctricos,...).
- Cuadro General de Baja Tensión..Instalación que incorpora los circuitos de alimentación de los distintos equipos de los Talleres y Cocheras, ubicado en el cuarto BT de la subestación.
- Cuadro de Baja Tensión SIG .Instalación que incorpora los circuitos de alimentación de los distintos equipos de la sala técnica de los Talleres y Cocheras. Cuadro de tensión interrumpida procedente del SAI. Este cuadro alimenta todos los equipos electrónicos tal como los servidores del SCADA, SAE ; Señalización Ferroviaria ,..., la radio, los armarios de enclavamiento de señalización ferroviaria , los equipos de red local a los Talleres y cocheras, ... El sistema SAI ubicado en la sala técnica de los Talleres y Cocheras instalado aguas arriba respecto al cuadro SIG, descrito más arriba.
- El sistema de parada de emergencia tal como las setas de emergencia en el PCC, en las áreas de los talleres y en cada subestación de tracción y también el armario de control de parada de emergencia con su seta en interface con los armarios propios de las tres estaciones enterradas.
- El sistema de control de tensión de las estructuras particulares tal como el túnel,...En cada estación enterrada, se instala un cuadro de medida de la tensión entre la estructura del túnel y un electrodo de tierra con su arqueta registrable.
- Suministro e instalación de los cables BT entre el Cuadro General BT (CGBT) de los Talleres y Cocheras y los principales herramientas para el material móvil tal como el torno de foso, la máquina de lavar, los gatos hidráulicos,

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 38/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



el arenero, el cargador de baterías del tren para mantenimiento, los puentes grúas, y pequeñas herramientas para el mantenimiento de los metros ligeros en el taller.

## 5. SISTEMAS

La conducción y señalización prevista para esta línea es del tipo “marcha a la vista” donde el conductor tiene la responsabilidad de una conducción adecuada que evite las colisiones con tráfico de carretera, arrollamiento de peatones, y respete las distancias mínimas de seguridad con el resto de tranvías, no obstante, se dispone de señalización ferroviaria donde en explotación comercial normal sea necesario atravesar aparatos de vía o gestionar tramos de aparcamiento o vía única. Por otra parte se dotan de un sistema FAP (Frenado Automático Puntal, basado en el sistema ZSI 127 de Siemens) con restricciones de velocidad por geometría de vía y en curvas con radio reducido para toda la línea que se amplía a un sistema ATP (igualmente se trata del sistema ZSI 127 de Siemens) que incluye además de lo anterior, la protección de rebase de señal en la zona del túnel.

La operación del tranvía se efectúa teniendo en cuenta que todas las unidades se detendrán en todas las paradas de su recorrido.

Circulación por lado derecho, excepto en las zonas de maniobras, los movimientos a contravía no están securizados/señalizados. En el tramo de Vía Única no existe esta especificación. No existen vías banalizadas en todo el proyecto, solamente se protegen los cambios de sentido (vueltas) en todos los sentidos en aquellas zonas habilitadas para tales operaciones.

La Velocidad máxima de operación en superficie es de 50 km/h para zona urbana en superficie y de 70 km/h para zonas interurbanas y túnel, con puntos de velocidad reducida impuestos por las condiciones de inclinación y curvatura del trazado.

El Metro de Granada tiene todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento y explotación, entre los que destacan (sin ser una relación exhaustiva): Señalización ferroviaria, señalización viaria, sistema de ayuda a la explotación (SAE), información al viajero (SIV), ventilación, iluminación, fontanería y saneamiento, drenaje y bombeo, CCTV y control de accesos, billeteaje, PCI, comunicaciones, megafonía, alimentación y distribución de energía de paradas y resto de instalaciones, escaleras mecánicas y ascensores, semaforización,...

Adicionalmente a estas instalaciones, existe un conjunto de instalaciones que permiten la **Señalización**, el **Control** y las **Comunicaciones** de la línea, se puede agrupar en varios grandes apartados en los que destacan (sin ser una relación exhaustiva) los siguientes elementos:

### 5.1. SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA

La señalización ferroviaria se utiliza en las zonas de maniobra señalizadas con el fin de garantizar la seguridad en los movimientos de los metros ligeros. Se basa en el principio de los itinerarios. La señalización ferroviaria de maniobras tiene por objetivo:

- Permitir una circulación segura de los metros ligeros a lo largo de todos los itinerarios previstos en las zonas de maniobra (enclavamiento de las agujas, tratamiento de las incompatibilidades de itinerario, señalización del estado del itinerario al conductor).
- Contribuir a la gestión de los movimientos de los metros ligeros, para facilitar y optimizar la explotación (comando automático de las agujas, supervisión de las zonas de maniobras...).
- Limitar la velocidad en las curvas y en los desvíos a través del sistema tipo FAP (Frenado Automático Puntal) para evitar descarrilamientos debidos a la excesiva velocidad.
- Protección del rebase de las señales en el túnel ante aspectos de la señal no compatibles con la velocidad de circulación de los tranvías.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 39/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



El sistema de Señalización Ferroviaria está administrado, explotado y supervisado desde el Puesto de Control Centralizado (PCC).

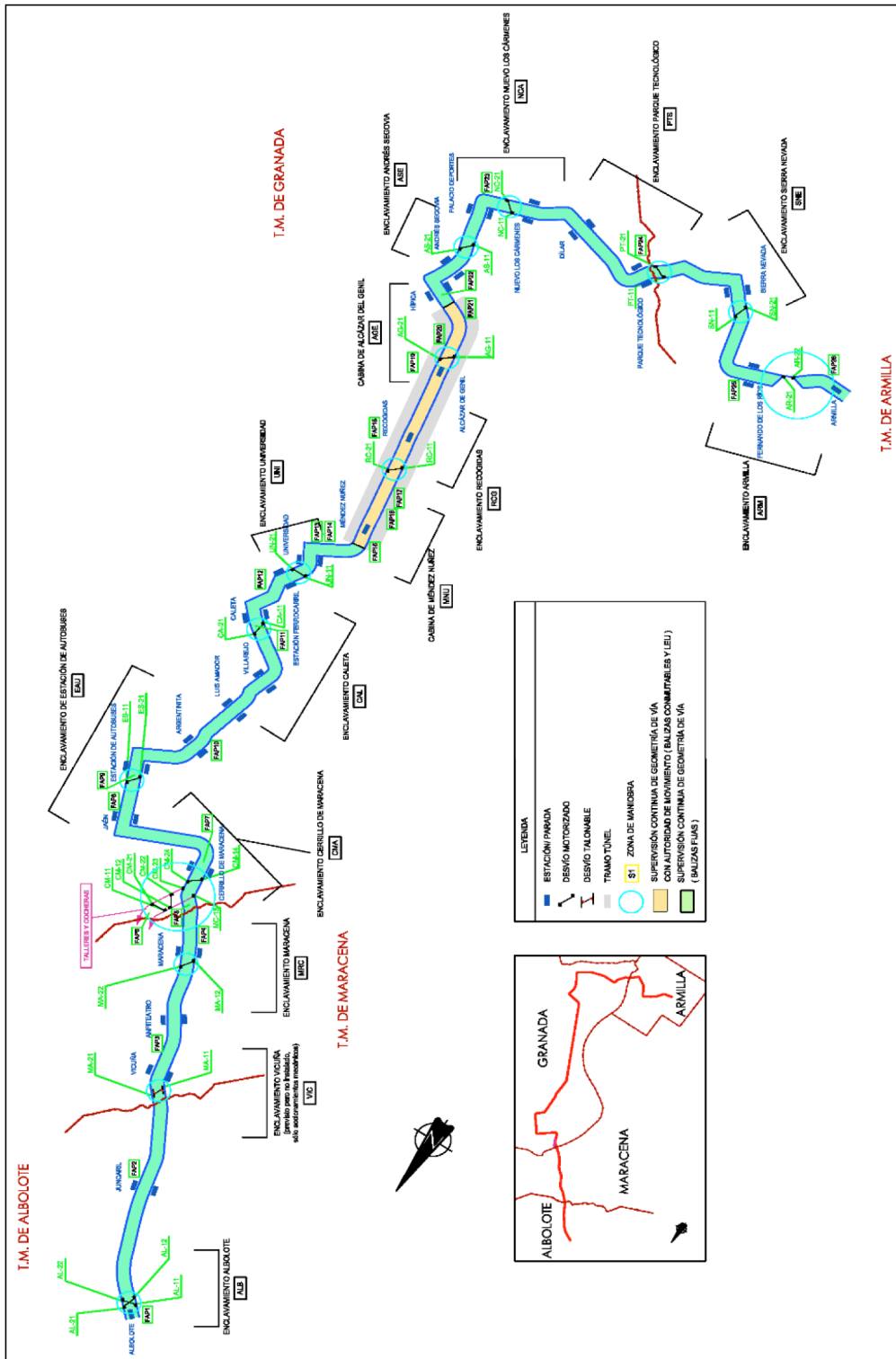
La circulación de los trenes en modo normal de circulación se efectúa por vía 1 desde la estación de Albolote hasta Armilla, y por vía 2 desde Armilla hasta Albolote, implantándose 12 diagonales distribuidas a lo largo de la línea para permitir realizar cambios de vía y/o permitir continuar con el servicio comercial en modo degradado cuando se produzca una incidencia o avería en parte de la línea. Cuenta además con dos diagonales en el ramal de acceso de taller, una bretelle (doble diagonal) en las inmediaciones de Albolote, y desvíos simples tanto para el acceso a talleres como para las transiciones de vía doble a única en el tramo de llegada a Armilla.

El sistema de Señalización Ferroviaria presenta un nivel de seguridad de SIL 3 en la línea y SIL 2 en TyC (excepto para el sistema FAP), siendo la detección del tren mediante circuitos de vía en la parte del trazado que transcurre por superficie, y mediante detectores de ejes en el trazado que transcurre por el túnel, con el fin de enclavar y bloquear las rutas asignadas a un tren e impidiendo la concesión de itinerarios incompatibles a las rutas asignadas para un tren previamente.

El modo de conducción normal adoptado es la conducción manual en marcha a la vista con supervisión continua de velocidad mediante Sistema de Protección de Frenado Automático, cuando se supera la velocidad límite impuesta en la vía, siendo el conductor quien garantiza la función de separación entre metros ligeros. Es decir, es capaz de gestionar y controlar su velocidad, con el fin de mantener la distancia mínima necesaria y suficiente con relación al metro ligero que lo precede, de modo que no se produzcan riesgos de colisión por alcance, exceptuando en la zona de túnel, donde el sistema de protección mediante balizas conmutables y captación del aspecto de la señal, protege al tren de rebases de señales cuando éstas no son permisivas.

En la línea en superficie se instala un sistema de Frenado Automático Puntual (FAP) para proteger al metro ligero de excesos de velocidad, dicho sistema permite proteger limitaciones de velocidad por curva, cuya restricción sea inferior a la velocidad de línea.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 40/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 41/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6VVVL8A		<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Para el cálculo de la velocidad de control de la restricción se considera criterios de seguridad y confort de los pasajeros, considerando el radio, peralte y la aceleración no compensada máxima de 0,65 m/s<sup>2</sup>. Adicionalmente en las zonas de túnel, se protege el fin de autoridad de las señales instaladas en vía directa, así como las propias señales de entrada al túnel.

Las velocidades máximas definidas son las que aparecen en la siguiente tabla:

VELOCIDADES MÁXIMAS (Km/h)	
Superficie (urbano y cruces semafóricos / pasos peatonales)	50
Superficie (interurbano)	70
Túnel	70
Vía Única	30
Andén (superficie y túnel)	35
Agujas a la recta	Vmáx Tramo
Agujas a la desviada	15
Tramos peatonales	30
Cruzamiento Cerrillo Maracena	30
Aproximación fin de línea en Albolote	5
Aproximación fin de línea en Armilla	10
Talleres y Cocheras	15
Línea general sin restricciones anteriores	Vmáx Tramo

Se establecen los siguientes modos de conducción:

MODOS CONDUCCIÓN			Vmáxima (Km/h)
Staff Responsable	R10	Inicio	10
	R25	Post Trip	25
	R70	Defecto	70
Full Supervision	Variable		Variable
Maniobra	M15	Defecto	15

En caso de no respetarse los límites de velocidad establecidos, el sistema de Frenado Automático, FAP actúa como se muestra en la siguiente tabla:

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 42/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



NIVELES ACTUACIÓN FAP		
Incremento de velocidad	Acción	Freno (m/s <sup>2</sup> )
+3	WARNING (Aviso acústico)	0,00
+5	CORTE TRACCIÓN Y FRENO SERVICIO	0,60
+10	FRENO SERVICIO MÁXIMO (Urgencia)	1,25

La señalización ferroviaria incluye los siguientes equipos:

En línea:

- Señales de maniobra
- Botoneras de emergencia de mando de itinerarios (para el modo degradado)
- Accionamientos de agujas. (electrohidráulicos y mecánicos)
- Dispositivos de detección securizada de los Tranvías en línea (Circuitos de vía y cuentaejes)
- Bucles de telemando de petición de aguja (y petición de ruta)
- Balizas FAP (Frenado Automático Puntual) para protección automática de frenado
- LEU (Lineside Electronic Unit) conectado a cada grupo de balizas ATP y señales en túnel
- Armarios descentralizadores

En el local o armario en línea (paradas) de señalización, el conjunto de los dispositivos, que permiten:

- El control/mando de los equipos en línea mencionados anteriormente
- El control/mando de las agujas de las zonas de maniobra
- La comunicación con el PCC mediante la red de transmisión

En el PCC: los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema

En el material embarcado: el telemando de las agujas (y petición de ruta) y receptor para sistema tipo FAP, así como el interface con el conductor.

Se instalan 15 enclavamientos electrónicos, de los cuales 13 son enclavamientos principales ubicados en las estaciones de Albolote, Maracena, Cerrillo de Maracena, Estación de Autobuses, Caleta, Universidad, Recogidas, Andrés de Segovia, Nuevo Los Cármes, Parque Tecnológico, Sierra Nevada, Armilla, 1 enclavamiento ubicado en Talleres y Cocheras, y 2 enclavamientos secundarios o auxiliares ubicados en Méndez Núñez y Alcázar de Genil.

## 5.2. SEMAFORIZACIÓN VIARIA

El sistema de semaforización integra todos los componentes normales de regulación de intersecciones con los elementos necesarios para la gestión del control y la prioridad de los metros ligeros, en forma que el regulador local de la intersección incorpore el control de todos los elementos, la lógica de prioridad, y las incompatibilidades entre todos los semáforos de vehículos, peatones y metros ligeros.

El control centralizado del sistema de regulación se organiza en tres niveles. De superior a inferior son:

- Ordenador central u ordenadores del centro de gestión
- Centrales de regulación de zonas
- Reguladores locales

El ordenador central se comunica directamente con las centrales de regulación mediante fibra óptica multimodo de 4 fibras. Cada central actúa de centro de comunicaciones con un conjunto de reguladores que forman su zona de actuación. Se dimensiona el sistema para que el número de reguladores conectados a una central no exceda de 32.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 43/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



La misión principal de la central es la función de multiplexor de comunicaciones entre el ordenador central y los reguladores que tiene conectados. Y efectúa además ciertas funciones rutinarias de gestión automática de los reguladores, principalmente la de mantener la sincronización de los relojes locales para conservar el sincronismo del conjunto. Es además un punto intermedio de acceso a la red de comunicaciones para mantenimiento o explotación de datos de los reguladores.

Cada regulador conecta a los nodos de acceso a la red de comunicaciones multiservicio que se encuentran situados en las paradas del Metropolitano, mediante fibra óptica multimodo de 4 fibras. Se forman así agrupaciones de reguladores de distintas instalaciones semafóricas a cada parada.

Para la centralización de los reguladores, se instalan tres centrales de zona en las dependencias de talleres y cocheras. Desde estas centrales se realiza la coordinación de entre los reguladores para favorecer al Tranvía su paso por las intersecciones sin parar, utilizando detectores para predecir y confirmar la llegada de los Tranvías, y lógica en los reguladores de los semáforos para procurar concederles paso en el intervalo de predicción de su llegada a la intersección.

El funcionamiento de los semáforos en cada intersección está previsto para que en ningún momento se produzca interferencia entre el movimiento del metro ligero y el movimiento de los otros vehículos, de manera que el paso del metro ligero no es nunca compatible con los movimientos de giro que se producen atravesando sus vías.

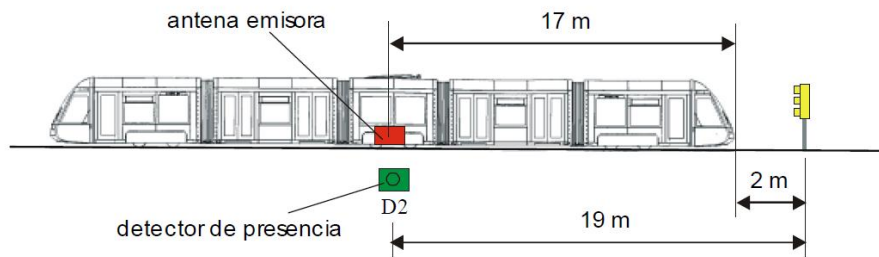
El concepto de prioridad se ha de entender como un conjunto de medios de hardware y software encaminados a adjudicar al metro ligero una ventana de verde que coincida con su paso por la intersección, alterando los tiempos de funcionamiento normal de los semáforos en caso de que esta ventana no coincida con una fase estable compatible con el paso del metro ligero.

Además de esta prioridad activa el sistema dispondrá de todo el nivel de prioridad pasiva que pueda aportar el diseño de la coordinación de los semáforos para favorecer una onda verde de paso del metro ligero.

Los subsistemas que permiten la gestión de la prioridad del metro ligero son:

- Detección del metro ligero y predicción de su llegada a la intersección
- Gestión de los semáforos del metro ligero
- Gestión de prioridad para mover los tiempos de la intersección para dar paso al metro ligero

La detección del paso del metro ligero por un acceso a una intersección se controla con tres detectores colocados en secuencia y denominados: de aproximación (Da), de presencia (Dp) y de cancelación (Dc).



En caso de fallo en la detección del Tranvía, el conductor puede advertir la presencia del metro en las proximidades del cruce mediante una antena de hiperfrecuencia instalada en el material móvil.

La habilitación del paso del metro ligero en el instante previsto de llegada a la intersección exige que el regulador efectúe cambios en la secuencia y tiempos de las luces con relación a los definidos en el plan activo en aquel momento. La organización de estos cambios depende de la situación de las señales en el momento de detección del metro ligero, del instante previsto de llegada y de los parámetros de control de estos cambios. En todo caso estos

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 44/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



cambios van a alterar el funcionamiento normal de los semáforos, y por tanto pueden afectar negativamente a los tiempos de espera de peatones y a las paradas y demoras de los vehículos.

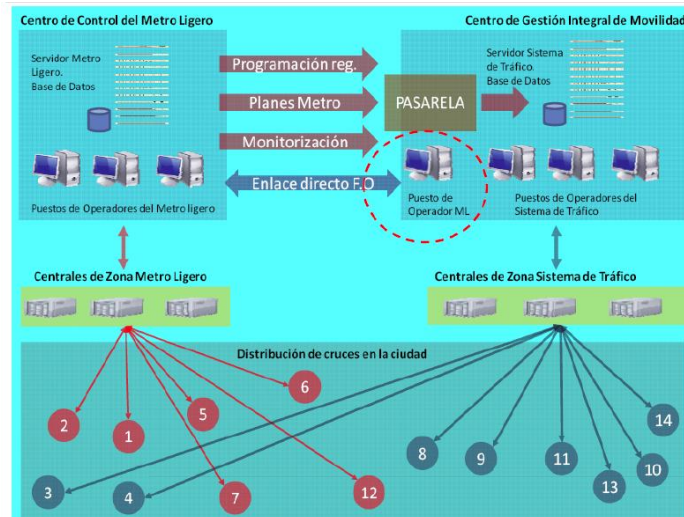
Todas las intersecciones que soportan el paso del metro ligero están conectadas al centro de control del MLG para las operaciones de monitorización y explotación, y al centro de control de tráfico del Ayuntamiento de Granada para las operaciones de vigilancia y monitorización.

Todas las instalaciones de Semaforización cumplen lo exigido en el Decreto 293/2009, de 7 de julio, con la Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados y el Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.

A continuación se relacionan los elementos que componen el sistema de Semaforización:

- En línea:
  - ✓ Semáforos Viarios, Tranviarios y de peatones
  - ✓ Detectores de Tranvía (aproximación, presencia y cancelación)
  - ✓ Regulador semafórico
  - ✓ Centrales de zona
  - ✓ Pulsador de demanda de paso para peatones
  - ✓ Módulo acústico para invidentes instalados sobre los semáforos de peatones. Estos módulos serán activados mediante mando a distancia
  - ✓ Antenas de hiperfrecuencia para demanda de paso desde el tranvía en caso de situaciones degradadas , por mal funcionamiento de los detectores, instaladas sobre los semáforos tranviarios
- En local: Servidor de Semaforización
- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema.
- En embarcado:
  - ✓ Antena hiperfrecuencia
  - ✓ Antena emisora para detectores en vía
- En el Centro de Gestión de la Movilidad (CGIM) en el Complejo Administrativo de Mondragones: Aplicación Pasarela / Puesto de Operación.

Equipos de la red de comunicaciones del Metropolitano de Granada



FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 45/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	PK2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



### 5.3. RED DE COMUNICACIONES FIJAS

La red de transmisión del Metro ligero permite el control y la gestión (es decir, la explotación en tiempo real) de la red Comunicaciones del Metro ligero desde el puesto principal, que es el PCC Metro ligero, y así permitir los intercambios de información entre:

- Las estaciones de Metro Ligero
- Paradas
- Subestaciones eléctricas
- El emplazamiento del PCC/Cocheras
- Las Estaciones Base TETRA

Dada la cantidad de información que deben intercambiarse entre todos los Sistemas a lo largo de las líneas de Metro ligero, la transmisión se hace a través de una red privada de fibra óptica.

Se equipa la Línea del Metro Ligero con una red de transmisión que dará soporte a los diferentes Sistemas que se pueden establecer en dicha Línea entre las correspondientes estaciones, paradas, subestaciones eléctricas y el PCC. Esta red se conformará como una Red Integrada Multiservicio basada en la tecnología y estándares Gigabit Ethernet y utilizará como medio físico de transmisión cables de fibra óptica. Esta Red principal de FO está realizada mediante 2 anillos GbE de 36 FO monomodo. El primero parte desde la parada de Albolote hasta la parada Caleta, el segundo desde la parada Caleta hasta Armilla.

Se contempla un esquema de red jerárquico en el que un Nodo Central compuesto por dos equipos en configuración redundante a instalar en la sala técnica de Talleres y Cocheras, gestiona el tráfico de la red corporativa del Metropolitano a través de los distintos nodos de acceso, que proporcionan conectividad IP en cada una de las estaciones, paradas y subestaciones eléctricas, a los distintos subsistemas existentes:

- Red de Señalización
- Red de Telemando de Energía
- Red Multiservicio (semaforización, SIV, SAE, Telemando instalaciones, Billetaje, Audio y Megafonía, Cronometría, Interfonía y Telefonía, Video vigilancia y Control de Accesos)
- Red de oficinas de Talleres y Cocheras
- Red WLAN de Talleres y Cocheras
- Red TETRA

Cada nodo de acceso queda conectado de manera redundante al PCC mediante un anillo GbE de fibra óptica monomodo. Estas 5 subredes (dentro de la Red Corporativa del Metropolitano), son totalmente independientes entre sí, confluyendo sólo, a nivel de red, en el Nodo Central:

Red de Señalización: totalmente duplicada y cuenta con dos nodos de acceso propios en cada una de las paradas/estaciones en las que existan un enclavamiento, así como otros dos nodos de acceso en el PCC para conexión con los puestos de operador del sistema de Señalización

Red de Telemando de Energía: con un nodo de acceso propio en cada una de las subestaciones de tracción así como en las subestaciones de acometida eléctrica y en lugar habilitado (pendiente definición) en las estaciones subterráneas. Igualmente se instala un nodo de acceso en la sala del PCC para conexión de los puestos de operador del sistema de telemando de energía. Es una red exclusiva del sistema de Telemando de Energía. La red de telemando de energía controla el equipamiento de tracción de vía a través de las subestaciones, mediante la Red de FO y de remotas en las paradas, y en Estaciones de Túnel se habilitarán nodos de acceso para telemando de energía.

Red Multiservicio: En todas las paradas, estaciones subterráneas y subestaciones eléctricas, se instala, al menos, un nodo de acceso a la red de comunicaciones Multiservicio, que proporciona conectividad IP al resto de subsistemas del Metropolitano, que se configuran como VLANs:

- Semafización
- SIV

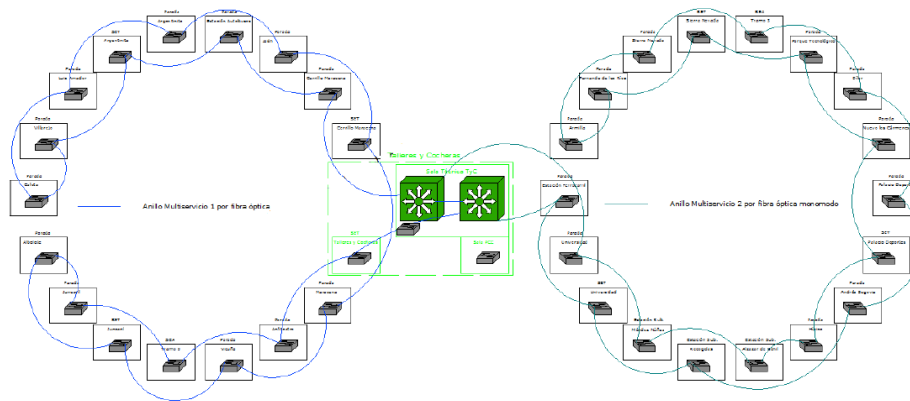
FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 46/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



- SAE
- Telemando de Instalaciones fijas (SCADA)
- Billetaje
- Audio/Megafonía
- Cronometría
- Interfonía/Telefonía
- Video Vigilancia (CCTV)
- Control de accesos
- Nodos de acceso en la sala del PCC para conexión de los puestos de operador Multiservicio (red de datos y video KVM)

Cada nodo de acceso de la red Multiservicio queda enlazado de forma redundante con el Nodo Central del PCC mediante fibra óptica multimodo. Dado el alto número de nodos de acceso a la red Multiservicio, se ha dividido la misma en 2 anillos independientes con el objetivo de reducir los tiempos de acceso a la red. El primer anillo parte de la parada de Albolote y, pasando por el Nodo Central del PCC de Talleres y Cocheras, llega hasta la parada de La Caleta.

El esquema general de la red de comunicaciones Multiservicio, se muestra en el siguiente esquema:



Red de oficinas de Talleres y Cocheras: está formada por la electrónica de red que da servicio a las oficinas administrativas previstas en los talleres y cocheras. En el edificio de Talleres y Cocheras, además de la sala de PCC, desde donde se lleva a cabo toda la operativa de explotación del Metropolitano de Granada, se ha previsto la existencia de oficinas de trabajo del Operador y mantenedores de la línea, así como unas oficinas destinadas a personal de la Agencia de Obra Pública de Andalucía.

Red WLAN de Talleres y Cocheras: red inalámbrica que da cobertura a la zona de la playa de vías, para la transmisión de datos entre Material móvil y el PCC. Para ellos se suministran e instalan 4 puntos de accesos en armarios de intemperie, sobre postes de catenarias en la playa de la zona de vías. Cada punto de acceso queda conectado mediante fibra óptica al Nodo Central.

Red TETRA: anillo de 2 fibras ópticas monomodo uniendo las Estaciones Base TETRA mediante enlaces E1 y nodos ADM.

Para dotar de seguridad a la red de comunicaciones IP del metropolitano, se ha realizado la instalación y configuración de un sistema completo de seguridad de red así como un sistema de gestión y generación de informes que refuerce la integridad y seguridad de los datos transmitidos a través de la red corporativa. Se ha optado por un planteamiento mixto: Por una parte, se propone la instalación de un sistema de seguridad perimetral hacia el exterior, con la inclusión de dos firewalls en alta disponibilidad (HA), así como un generador de informes y agregador de logs para gestionar el conjunto.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 47/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



Por otra parte, la seguridad interna se reforzará con la inclusión de un sistema mixto de prevención y detección de intrusos (IPS/IDS) que monitorice el tráfico interno de la red, alertando y previniendo posibles ataques.

El objetivo es el de proteger las distintas redes que conforman la red de comunicaciones del Metropolitano de injerencias que puedan provenir tanto del exterior como del interior. Especial mención tiene la red de señalización, ya que al tratarse de una red crítica, ha de garantizarse su blindaje frente a posibles usos indeseados. Se ha de configurado la seguridad a nivel de red de forma que se posibilite una comunicación segura con el exterior, dadas las necesidades existentes de interacción de varios de los sistemas del metropolitano, con entidades externas, como, por ejemplo:

- Comunicaciones entre el sistema de billética y entidades bancarias.
- Visualización de las imágenes de videovigilancia en entidades externas tales como ayuntamientos o policía.
- Comunicaciones vocales entre la red telefónica privada del metropolitano y la red telefónica pública.
- Puestos de trabajo remotos del personal de explotación del metropolitano.

Por otra parte, se ha realizado una conexión mediante fibra óptica de la red multiservicio, desde la parada de Caleta, al Centro de Control de Tráfico de Granada, situado en la Avda de las Fuerzas armadas s/n, con el fin de que en este punto puedan visualizarse imágenes de las cámaras IP de la línea del Metro, así como tener un enlace directo de telefonía IP y poder sincronizar todos los cruces semafóricos en el CGIM. Al establecerse en esta parada un punto de entrada a la red multiservicio del Metro, se han previsto los mecanismos de protección perimetral de la red de datos que garantizan la integridad de la misma.

#### 5.4. RED RADIOCOMUNICACIONES TETRA

El Sistema de comunicaciones radio TETRA permite disponer de comunicaciones para el intercambio de voz y datos entre el Puesto de Control Central (ubicado en el edificio de Oficinas y Talleres y Cocheras) y el material móvil a lo largo del trazado de la línea (incluido el tramo subterráneo). Asimismo, este sistema de comunicaciones seguro facilita la comunicación entre el personal de Metropolitano Granada en el trazado de la línea y alrededores.

La arquitectura de este sistema de comunicaciones TETRA se basa fundamentalmente en los siguientes elementos:

Un nodo central de conmutación radio, que se sitúa en las instalaciones de Talleres y Cocheras desde el que se controla y gestiona todo el sistema radio.

- Estaciones Base. Son emplazamientos repartidos a lo largo de la línea que permiten la cobertura en la traza de la línea y en el entorno de la misma. Las Estaciones Base se componen de antenas (ubicadas sobre postes, mástiles, etc., a determinada altura) conectadas a los equipamientos electrónicos locales. Estos equipos electrónicos locales están conectados con el nodo central de conmutación radio a través de fibra óptica mediante equipos ADM.
- Equipamiento embarcado. En el material móvil se instala un terminal radio con dos frentes de comunicaciones (uno para cabecera y otro para cola del tren) que permitirá las comunicaciones entre el Puesto de Control Central y el conductor de los trenes.
- Equipamiento móvil. Terminales radio móviles para el uso del personal.

#### 5.5. TELEFONÍA

En línea, oficinas del edificio de control, Talleres y Cocheras y en el PCC, se ha previsto que el personal del Metropolitano de Granada pueda disponer de teléfonos mediante los cuales puedan comunicarse entre ellos.

Para ello, se conectan al PABX de Talleres y cocheras los teléfonos de cada emplazamiento. Esto permite el establecimiento de conversaciones mediante la red de telefonía privada entre:

- Los locales técnicos en línea: estación, paradas, subestaciones energía, etc.
- Los locales de Talleres y Cocheras, así como del edificio del PCC

Generalmente, y según los derechos parametrizados para cada uno de los puestos, son posibles las conversaciones telefónicas entre los puestos de los lugares anteriores, pero también con:

- La red pública
- Los puestos móviles de radio de los agentes de explotación y mantenimiento

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 48/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



- Los puestos de Cocheras/PCC

Todos los puestos que están conectados con la centralita PABX de "talleres y cocheras", se benefician de todos los servicios telefónicos ofrecidos por la red de telefonía IP. La red de telefonía permite tantas comunicaciones simultáneas como puestos regulador y accesos PABX haya. La transmisión de señales con los teléfonos en línea está garantizada por medio de la red de integración de servicios, mediante conexión del teléfono con la estación más próxima.

El sistema de telefonía se compone de:

- Un PABX principal, instalado en el local técnico de Talleres y Cocheras, conectado al regulador fijo de telefonía, a la red de transmisión.
- Teléfonos instalados en la sala de supervisión y en los locales técnicos (mantenimiento, informática, etc.) del PCC.
- Teléfonos instalados a lo largo de la línea, en estaciones, subestaciones de energía, etc. y conectados al PABX principal a través del Red de transmisión,
- Tomas telefónicas instaladas en los armarios de comunicaciones de las estaciones y conectadas al PABX principal a través de la red Red de transmisión
- Un grabador de comunicaciones telefónicas conectado al PABX principal e instalado en el PCC.
- Los teléfonos de los Talleres y Cocheras en general

Existirán 3 tipos de terminales telefónicos IP que se distribuirán a lo largo de las instalaciones de la línea 1 del Metropolitano de Granada:

- Terminal de funcionalidad básica
- Terminal de funcionalidad media
- Terminal de alta funcionalidad

## 5.6. INTERFONÍA

El Sistema de Interfonía es el encargado de establecer comunicación bidireccional en tiempo real entre los usuarios del tranvía situados en las paradas y el Puesto de Control Central, permitiendo al viajero comunicar situaciones de emergencia o cualquier tipo de incidente.

De la misma forma se utiliza en la zona de aparcamiento de Cocheras para facilitar la comunicación inmediata del personal allí destinado con los operadores del PCC en casos de emergencia.

Los interfonos instalados en paradas y estaciones se conectan a la Red Multiservicios y a través de la VLAN de Interfonía, la petición de comunicación llega a la centralita PABX. Desde esta centralita se reencamina la llamada hasta un teléfono IP determinado, de Operador por ejemplo o de cualquier otro usuario que se haya establecido como receptor de las comunicaciones de los interfonos.

Los interfonos digitales establecen la comunicación mediante un protocolo de comunicación TCP/IP utilizando tecnología de compresión de audio. Los interfonos están conectados físicamente a la red a través de un cable UTP hasta el equipo de comunicaciones (switch) emplazado en la parada o estación donde se instala el interfono.

A continuación se presenta los elementos que componen el Sistema de Interfonía:

- En línea: Interfono instalado en paradas y Estaciones
- En local: Centralita PABX
- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema
- En embarcado: No aplica

## 5.7. CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV)

Los equipos de video vigilancia permiten realizar las siguientes funciones:

- La toma de imágenes para la explotación del metro ligero

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 49/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



- La visualización de imágenes en el PCC Metro ligero
- La selección de las imágenes en tiempo real sobre los monitores del PCC Metro ligero,
- El análisis de imágenes en tiempo diferido
- La gestión de las alarmas
- El modo degradado

El sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) está basado en cámaras fijas, domos de alta velocidad y minidomos sobre redes IP que, junto con los equipos de grabación de video en red y un software de gestión gráfica, permiten gestionar la visualización de las cámaras ubicadas en las marquesinas de paradas, postes de catenaria, y zonas donde se ha previsto su implantación tales como Estaciones de túnel, Subestaciones de Tracción y Acometida, Talleres y Cocheras, en máquinas expendedoras de ticket(DAT), etc. Dichos flujos de video pueden ser enviados al Centro de Control, o a cualquier usuario remoto, para visualizar imágenes en la pantalla de un PC mediante decodificación software realizada por programas estándar bajo Windows o mediante decodificación hardware disfrutando en dichos emplazamientos de la máxima calidad de vídeo.

Adicionalmente el sistema de CCTV cuenta con un software de análisis de video que permitirá facilitar la gestión de la seguridad.

Todas las aplicaciones software permiten la representación gráfica de los elementos instalados, de forma que podrán ser ubicados sobre un plano real. Estos elementos se presentan en forma de iconos dinámicos que cambian de color en función de su estado y muestran pantallas de alarma en caso de que dicho estado represente una situación crítica.

A continuación se presenta los elementos que componen el Sistema Cerrado de Televisión (CCTV):

- En línea: Cámaras instaladas en marquesinas, DAT, Estaciones subterráneas, Subestaciones eléctricas, postes de catenaria cercanos a puntos singulares tales como Rotondas, zonas de maniobra, cruces de tráfico, etc.
- En local: Servidor CCTV
- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema
- En embarcado: No aplica

## 5.8. CONTROL DE ACCESOS (CCAA)

Un sistema de control de accesos controla el acceso a los locales siguientes:

- Las Subestaciones de Energía (tanto de tracción, como de acometida 66/20 como las de estación enterrada)
- El local informático del PCC , la sala del enclavamiento en Talleres y Cocheras y la sala de supervisión del PCC
- Las salas técnicas de las estaciones enterradas (CCC, Cuarto de Transformación, Cuarto Técnico, Cuarto de enclavamiento, cuarto GTCE (gestión técnica centralizada de la estación), Cuarto PCI

Para permitir el acceso a estos locales el usuario utiliza una tarjeta sin contacto sobre un lector instalado junto a la puerta de acceso. Este lector además dispone de codificación alfanumérica y llave para situaciones degradadas. A continuación se presenta los elementos que componen el Sistema de Control de Accesos (CCAA):

- En línea:
  - Lectores sin contacto instalados junto a las puertas de acceso de los locales a controlar
  - Cerraduras eléctrica maestra
  - Ventosas electromagnéticas instaladas en puertas no mecanizables
  - Contactos magnéticos
  - Tarjetas de adquisición de datos
  - Centralita Control de Accesos por emplazamiento
- En local: Servidor CCAA
- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema.
- En embarcado: No aplica

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 50/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



## 5.9. CRONOMETRÍA

El Sistema de Cronometría se encarga de suministrar la información horaria al resto de sistemas y dispositivos tanto del centro de control como de la línea del tranvía. El sistema de cronometría permite administrar las siguientes funciones:

- La sincronización de los equipos centrales del PCC Metro ligero y de la línea (SCADA, SIG, etc.), Clientes NTP
- La difusión de la información horaria
- La gestión de alarmas

El sistema de Cronometría recibe la señal horaria a través de una antena GPS, cuya información es procesada por un servidor de tiempo, situado en el local Técnico, que distribuye a través de la red de cronometría la señal recibida a los distintos clientes (servidores, puestos de operación, paneles, etc.) de las estaciones, subestaciones y paradas en forma de tramas NTP.

## 5.10. MEGAFONÍA

El sistema de megafonía permite difundir mensajes en tiempo real, en las estaciones y en las paradas de Metro Ligero, dirigidas a los viajeros, así como en los Talleres y Cocheras de Metropolitano de Granada.

Asimismo, y mediante el sistema de síntesis de voz embarcado se pueden reproducir mensajes por la megafonía del material móvil. A continuación se presenta los elementos que componen el Sistema de Megafonía:

En línea:

- Altavoces instalados en marquesinas de paradas, Estaciones de túnel y Talleres y Cocheras
- Centrales de amplificadoras de megafonía instaladas en Talleres y Cocheras, armarios de Paradas, Estaciones de túnel

En local: Servidor de Megafonía

- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema
- En embarcado: Altavoces

## 5.11. SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN (SAE)

El Sistema de Ayuda a la Explotación permite a los operadores adaptar la oferta de transporte a los imperativos del terreno “en tiempo real” en las mejores condiciones posibles.

Se trata de un sistema que permitirá al explotador garantizar una supervisión instantánea de la explotación en comparación a su explotación teórica. Esta supervisión se presenta de forma sintética (indicadores, capacidades, mapas, gráficos filares, sinópticos...) mediante un interfaz Hombre/máquina que debe también permitir enviar órdenes de regulación al personal de explotación y a los equipamientos. Para ello, el SAE puede:

- Importar antes del principio del día de explotación el programa teórico de explotación (asignación de los recursos materiales, humanos, por hora...) a partir de los programas informáticos de planificación del explotador.
- Supervisar que se respete el programa teórico durante la explotación y, cuando proceda, generar alarmas a los operadores para que adopten medidas correctivas (actos de regulación, nuevas asignaciones de recursos...)
- Compilar al final de la jornada los balances estadísticos sobre la explotación realizada (kilómetros recorridos por convoy, puntualidad, respeto de los intervalos, divergencias con el programa teórico..., así como todo dato que permita comprobar los resultados del sistema)

El sistema SAE se divide funcionalmente en 4 funciones principales:

- La función de descripción geográfica de las líneas (SIG),
- La función de ayuda a la toma de servicio (SAPS),
- La función de ayuda a la explotación (SAE) central y embarcada,
- La función de análisis estadísticos

A continuación se presenta los elementos que componen el Sistema de Ayuda a la Explotación:

- En línea: Baliza localizadoras distribuidas a lo largo de todo el trazado e instaladas en el interior de cajas de poliéster

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 51/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



- En local: Servidor SAE
- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema
- En embarcado:
  - Antena lectora de balizas SAE
  - CPU embarcada
  - Pantalla interfaz conductor/SAE

Destacar que este Sistema comparte interfaz con los siguientes Sistemas: Señalización Ferroviaria, Sistema de Información al Viajero (SIV), Radio TETRA, Red de transmisión Gigabit, Megafonía, Sistemas propios de material móvil a través del COSMOS de CAF (fabricante material móvil)

El Sistema SAE suministrado por para el Metropolitano de Granada proporciona un esquema de datos fácilmente comprensible y orientado al negocio, destinado a recopilar la información de empresa necesaria para el funcionamiento del sistema. Se trata de una serie de tablas que recopilan información acerca de vehículos, conductores, definición de servicios, definición de horarios, días festivos, asignación de horarios a fechas, asignación de servicios a fecha, vehículo y conductor, y asignación de trayectos de incorporación y retiro.

Este modelo de datos representa el punto de entrada de información del Interfaz SAE, que es la aplicación encargada de validar y consolidar en el modelo de datos interno de operación los datos de empresa necesarios desde el punto de vista de negocio.

Los datos que tienen origen en las aplicaciones de planificación son cargados mediante un interfaz en el sistema. Para ello, se usan una serie de entidades-puente que son informadas por la aplicación de planificación.

## 5.12. SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO (SIV)

Sistema de Información a Viajeros (SIV), que transmite las informaciones visuales y/o sonoras a los clientes para facilitar la utilización del metro ligero. En cada estación o parada, se pueden emitir mensajes sonoros (registrados o no) a partir del PCC, en particular, en caso de perturbaciones. Estos mensajes pueden proceder:

- Automáticamente del SAE ("último convoy", ...)
- Los agentes comerciales u operadores: disponen de un pupitre específico, que les permite bien hablar directamente mediante un micro tipo "cuello de cisne" (sobre zócalo), bien difundir mensajes que previamente habrán registrado; la difusión puede tener lugar en una estación determinada, o en un grupo de estaciones de su elección

En cada estación, se muestran mensajes visuales (registrados o no) en los paneles de información a viajeros a partir del PCC, para anunciar los horarios, llegada y salida de convoys, pero también en caso de perturbaciones. Estos mensajes podrán proceder:

- Automáticamente del SIV (hora, llegada, salida...),
- De los agentes de regulación o comerciales, a través de los mandos de la estación SAE SIV Radio

En el exterior de los metros ligeros, el número de línea y el destino se indican sobre paneles visibles frontalmente y lateralmente.

A bordo de los vehículos:

- Mensajes sonoros podrán ser emitidos por el conductor o el agente de regulación del PCC,
- Se podrán mostrar mensajes visuales sobre las pantallas embarcadas.

Este Sistema dispone de Ciberpass activado por mando a distancia para invidentes. A continuación se presenta los elementos que componen el Sistema de Información al Viajero:

- En línea: Paneles de información al viajero
- En local: Servidor SIV
- En el PCC: Los equipos de explotación, supervisión, administración y configuración del sistema
- En embarcado: Paneles de información al viajero

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 52/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



Destacar que este Sistema comparte interfaz con los siguientes Sistemas: Sistema de Ayuda a la Explotación, SAE, Red de transmisión Gigabit, Megafonía, Sistemas propios de material móvil a través del COSMOS de CAF (fabricante de Material Móvil)

### 5.13. BILLETAJE

El sistema Billetaje metro ligero se divide en dos funciones principales:

- La función de distribución de los billetes, que permite vender distintos tipos de billetes a los usuarios de la red
- La función de cancelación de los billetes, que permite comprobar los derechos de los usuarios de la red y que permite también la subida de las estadísticas hacia el sistema de billetaje central

El sistema "Billetaje" puede dividirse en cuatro funciones, según las funciones que los equipos deben cumplir o las prestaciones que el candidato debe proporcionar:

- Función de cancelación de los billetes: permite verificar los derechos de los usuarios de la red y permite también la subida de las estadísticas hacia el sistema de billetaje del metro ligero
- Función de distribución automática de los billetes: permite vender distintos tipos de billetes a los usuarios de la red y permite también la subida de datos de venta hacia el sistema billetaje del metro ligero
- Función control billetes: permite comprobar que los usuarios han pagado su billete
- Función concentración de los datos (cancelación y venta): permite la subida de los datos hacia el sistema de billetaje central

Los elementos constitutivos del sistema "Billetaje" son:

- Embarcados a bordo de los metros ligeros (canceladoras y su concentrador, unidad central o UC),
- Los aparatos portátiles de fiscalización y sus cargadores
- Los distribuidores de títulos en las paradas y estaciones
- Un puesto de personalización de tarjetas para el personal de explotación
- El servidor bancario y el servidor de billetaje (PCGB). Instalados en el PCC,
- Barreras tarifarias instaladas en las estaciones y sus concentradores
- PC portátil de telecolecta y mantenimiento

El intercambio de datos entre los equipos embarcados en el metro ligero (canceladoras...) y el servidor de Billetaje (PCGB) se hace a través de la RLAN (WLAN) usando un punto de acceso WIFI en playa de vías.

### 5.14. SCADA

#### TELEMANDO DE ENERGÍA

El Telemando de Energía garantiza el transporte de las funciones de Gestión de la Energía: conexión entre el sistema central de SCADA y los autómatas de gestión instalados en cada una de las subestaciones de energía (subestaciones de acometidas y subestaciones de tracción). Para el telemando del equipamiento de tracción en vía se gestionarán desde las subestaciones a través de la Red de FO y de equipos de remotas en paradas. En estaciones de túnel se habilita nodo de acceso a telemando.

En cada una de las subestaciones de tracción instaladas a lo largo de la línea, así como en las subestaciones de acometida eléctrica, se instala un nodo de acceso, que conecta con el Nodo Central mediante un anillo de fibra óptica monomodo dedicado. En todas las paradas de túnel existirá una remota que conecta con el autómata de la subestación que alimenta a dicha parada, mediante el uso de dos fibras dedicadas de la Red de Transmisión de FO. Dicho equipamiento permitirá la comunicación del autómata de la subestación con los equipos de tracción situados en la vía. Para túnel se utilizarán los nodos de accesos para telemando que se habilitan en las estaciones.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 53/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



Como nodos de acceso a la red de comunicaciones del sistema de telemando de energía, se utilizan switches industriales, de las mismas características que los de la red de señalización, es decir, con al menos 8 puertos 100Base-TX y dos puertos 1000Base-LX.

### TELEMANDO DE INSTALACIONES FIJAS (SCADA)

Se dispone de un Sistema SCADA para el control centralizado de las instalaciones desde el PCC, el cual tiene la siguiente arquitectura:

- Equipos en central, o equipos centrales: equipos instalados en el PCC, en el local técnico de cocheras (servidores) o en el local mantenimiento de cocheras
- Equipos locales: los equipos instalados en estaciones, o anexos para el SCADA de facilities centralizados en los PLC de estaciones, y los equipos en subestaciones, equipos en Talleres y Cocheras a través de GTCE.

Son posibles dos utilizaciones a partir del sistema SCADA:

- Utilización en tiempo real:
  - Vigilancia del estado de los equipos que contribuyen al funcionamiento del metro ligero
  - Envío de los telemandos necesarios para mantener un nivel de servicio óptimo
  - Gestión de las alarmas
  - Gestión de un diario de a bordo
- Utilización en tiempo diferido:
  - Ayuda al mantenimiento
  - Explotación de los datos archivados: edición de estadísticas, análisis a posteriori de incidentes de explotación, análisis de averías, etc.

El sistema que se pone como principal integrador sw de los sistemas del PCC es el SCADA, el cual mantiene un adecuado nivel de integración con cada uno de los sistemas antes mencionados y que se describe a continuación. Un primer grupo de sistemas tiene una integración completa en el SCADA, con lo cual resulta posible desde el SCADA realizar supervisión y mando sobre esos elementos de campo. Estos sistemas no precisan rigurosamente de una aplicación propietaria específica en el PCC para funcionar:

- Gestión de paradas
- Gestión de estaciones
- Gestión de otras infraestructuras
- Gestión de CCTV
- Gestión de Control de Accesos

Un segundo grupo de sistemas tiene un nivel de integración parcial, en cuanto no es posible realizar mandos desde el SCADA pero si es posible una supervisión de los elementos. Para obtener la funcionalidad completa de estos sistemas es necesario disponer en el PCC de acceso a las herramientas propietarias o nativas:

- Gestión de billeteaje
- Gestión de comunicaciones IP
- Gestión de Tetra
- Gestión de SAI
- Gestión de cronometría
- Gestión de telefonía/Interfonía
- Gestión de telemando de energía

Finalmente hay un tercer grupo de sistemas para los que la única integración que resulta posible es la importación offline de históricos de alarmas, de forma que el SCADA constituya un repositorio único de información de al menos los principales eventos/alarmas de todos los sistemas. Para obtener la funcionalidad completa de estos sistemas es necesario disponer en el PCC de acceso a las herramientas propietarias, en estos casos constituidas por clientes físicos:

- Gestión de la señalización ferroviaria

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ		05/12/2023	PÁGINA 54/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ			
	PABLO OLIVARES PHELIX			
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>		



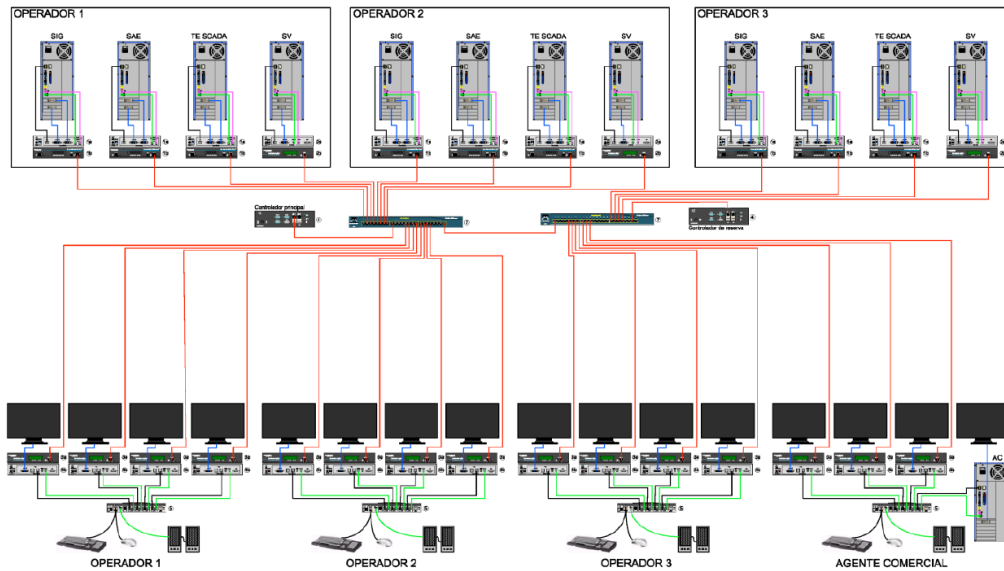
- Gestión de la semaforización
- Gestión de la explotación y de la información al viajero

Mención aparte tienen el videowall, que está presente con su equipo gestor directamente en el PCC y que además incluye unos controladores específicos inalámbricos, y el GTCE de TyC, para el cual la única prestación prevista es la posibilidad de ejecutar en PCC la herramienta propietaria por escritorio remoto o navegador web. Es importante notar que esta prestación básica es disponible también para todas las demás herramientas.

## 5.15 PUESTO DE CONTROL CENTRALIZADO (PCC)

Los principales requisitos funcionales del PCC son los siguientes:

- La operación se desarrolla desde un conjunto de 3 puestos de operador, iguales entre sí, que se componen de consolas dotadas de 4 pantallas, 1 teclado, 1 ratón, 1 teléfono IP de altas prestaciones y 1 radioteléfono TETRA.
- La operación desarrollada en los 3 puestos de operador es coordinada, complementada y dirigida por un cuarto puesto encargado al agente comercial. Este puesto está dotado de los mismos equipos anteriormente indicados para los puestos de operación.



Desde estos 4 puestos de operación se tiene acceso de forma integrada a todos los sistemas de gestión previstos en el alcance de Sistemas, además del sistema de gestión GTCE de TyC. Las herramientas SW que dan acceso a los varios sistemas de gestión presentes en el PCC son los siguientes:

- Sistema de gestión de señalización ferroviaria Vicos OC (SIG)
- Sistema de gestión de Semaforización
- Sistema de gestión de comunicaciones IP Cisco Prime
- Sistema de gestión de comunicaciones TETRA.
- Sistema de ayuda a la explotación (SAE)
- Sistema de información al viajero (SIV, integrado en el SAE)
- Sistema de gestión de megafonía (integrado en el SIV)
- Sistema de gestión del circuito cerrado de televisión (CCTV)
- Sistema de gestión del control de accesos SiPass
- Sistema de gestión del billeteaje
- Sistema de telemando de energía Vicos RSC.
- Sistema de supervisión, control y adquisición de datos WinCC OA (SCADA)

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 55/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



- Sistema de gestión de cronometría (NTP)
- Sistema de gestión de SAI UPSMAN
- Sistema de gestión del videowall Titan
- Sistema de gestión del edificio de control de TyC (GTCE)

Cada una de estas herramientas SW está pensada para gestionar los correspondientes equipos centrales o servidores y los elementos de campo o remotos de la técnica correspondiente. El sistema que se pone como principal integrador de los sistemas del PCC es el SCADA, el cual mantiene un adecuado nivel de integración con cada uno de los sistemas antes mencionados y que se ha descrito anteriormente. Para cumplir con los requisitos anteriormente indicados en relación a los puestos de operador y de agente comercial, se especifican las siguientes funcionalidades para el sistema de gestión del PCC:

- Enrutar flujos de video de máquinas físicas a pantallas de una forma arbitraria
- Compartir entre varias máquinas físicas el mismo ratón y teclado
- Extender la señal video a distancia superior de la que se puede alcanzar con normales cables video (15m)
- Mantener un nivel de prestaciones en cuanto a velocidad, latencia y detalle de las imágenes tales que la presencia del sistema sea transparente para el operador

La solución desarrollada se corresponde a un sistema KVM que tiene estas principales ventajas, en el cumplimiento de los requisitos funcionales antes especificados:

- Sistema de identificación LEDs para indicar al operador en que pantalla tiene el teclado/ratón conmutado y de esta forma mejorar notablemente la ergonomía y la operatividad ya que es el KVM quien se adapta al operador y no al revés
- Sistema flexible para futuros crecimientos añadiendo simplemente los transmisores o receptores que se necesiten en función de si se amplía el n° de PC o de Pantallas
- Disponibilidad de puertos USB 2.0 en el puesto de trabajo para otro tipo de accesorios
- Audio bidireccional Micrófono y Altavoces
- RS232 en puesto para conectividades adicionales
- Sistema de preconfiguraciones de escenarios de trabajo para que la conmutación de diferentes PC en diferentes pantallas se haga a golpe de un solo clic
- Video Full HD

En el centro de control se gestionan 12 sistemas informáticos PCs accesibles por 3 operadores de la sala con 4 pantallas, 1 teclado y 1 ratón. Así mismo estos sistemas están diseñados en sistemas de conmutación independientes a nivel de hardware de 4 PCs por operador, de los cuales 3 con doble salida de video DVI-D y 1 con salida de 1 solo video DVI-D.

Los equipos de conmutación están interconectados, con lo cual cada operador puede acceder a la totalidad de los equipos informáticos instalados. La solución consta con los siguientes elementos hardware por puesto de operador:

- 1 unidad gestora, que permita gestionar la solución KVM, los permisos, preconfiguraciones, APIs, recursos así como otros parámetros de red para configurar la infraestructura
- 3 unidades transmisoras de doble puerto DVI y 1 unidad transmisora de un solo puerto DVI que se conectan a los equipos informáticos PCs, ubicados dentro de la sala técnica. Compatibilidad de hardware: ordenadores con DVI, USB, audio y RS232
- 4 unidades receptoras
- 1 unidades de conmutación y sistema de LEDS. Mediante este sistema los operadores trabajan con la plataforma como si de un escritorio expandido se tratara

Los PCs y los transmisores se colocan en bastidores suministrados al efecto e instalados en la sala técnica, por un total de 3 bastidores. Los receptores, los conmutadores de teclado/ratón y los gestores se colocan en las consolas, bien en la mesa bien en el cajón técnico. La solución consta con los siguientes elementos hardware por puesto de agente comercial:

- 1 unidad gestora, que permita gestionar la solución KVM, los permisos, preconfiguraciones, APIs, recursos así como otros parámetros de red para configurar la infraestructura
- 3 unidades receptoras

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 56/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	



- 1 unidades de conmutación y sistema de LEDS. Mediante este sistema los operadores trabajan con la plataforma como si de un escritorio expandido se tratara. Además el agente comercial cuenta localmente con el equipo de despacho Tetra, que le permite gestionar completamente las comunicaciones Tetra, incluso en casos degradados. El equipo de conmutación del agente comercial está interconectado a los de los puestos de operador, con lo cual el agente comercial puede acceder a la totalidad de los equipos informáticos instalados.

FIRMADO POR	MANUEL FERNANDEZ FERNANDEZ	05/12/2023	PÁGINA 57/57
	LUIS RAMAJO RODRIGUEZ		
	PABLO OLIVARES PHELIX		
VERIFICACIÓN	Pk2jm67GZCUGF9G2LLEAEU4M6WVL8A	<a href="https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma">https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma</a>	