

# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

SUSTITUCIÓN DE AMPLIFICADORES TETRA DE RF POR  
REPETIDORES ÓPTICOS EN LÍNEA 10



## ÍNDICE

1. OBJETO .....	2
2. DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN .....	2
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	3
4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS .....	3
5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	8
6. ALCANCE TÉCNICO .....	10
7. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO.....	13
8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN .....	13
9. REQUISITOS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE .....	14
10. INDICADORES DE SERVICIO .....	15
11. PERÍODO DE GARANTÍA .....	15

### Control del documento:

Versión	Fecha	Código
1.0	26/11/2021	PLI-CTI-COM-21-00-0021

## **1. OBJETO**

El objeto del presente documento es establecer los alcances de los trabajos a realizar como base para la licitación de la sustitución de amplificadores TETRA de RF por repetidores ópticos en línea 10, que preserve la integridad de las instalaciones, prolongue su vida útil productiva y garantice la continuidad, fiabilidad, versatilidad y calidad en la explotación del servicio

## **2. DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN**

Los trabajos objeto del contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones legales vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de leyes, reglamentos, ordenanzas, instrucciones o normas de cualquier otro rango que resulten obligatorias, ya sean de ámbito comunitario, nacional, autonómico o local.

Entre tales disposiciones, y a título de relación no exhaustiva, se destaca la necesidad de dar cumplimiento a todas las normas jurídicas vigentes relativas a las siguientes actividades:

- Prevención de Riesgos Laborales.
- Norma ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad o equivalente.
- REBT. Real Decreto 842/2002.
- Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo. Real Decreto 486/1997.
- Señalización de Seguridad y Salud. Real Decreto 485/1997.
- UNE 21302-91/2M. Vocabulario electrotécnico, o equivalente
- UNE 200001-3-2. Gestión de la confiabilidad, o equivalente.
- Norma ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad, o equivalente
- ISO 14001. Gestión Medioambiental, o equivalente
- UNE 13460. Mantenimiento, o equivalente
- EN 60950. Safety of Information Technology equipment, o equivalente
- ISO 20000. IT Service Management, o equivalente
- ISO 27000. Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información, o equivalente

Especialmente, el contratista estará obligado a cumplir los procedimientos que Metro de Madrid, S.A. tiene establecidos, o pueda establecer en el futuro, para los trabajos que se realicen en sus instalaciones, de los que será cumplidamente informado antes del inicio de los mismos, con objeto de que pueda trasladar dicha información a sus trabajadores, quienes deberán cumplirla debidamente.

Todas las prescripciones y especificaciones técnicas que se formulen en el presente pliego por referencia a cualesquiera de las tipologías normativas recogidas por el artículo 42.3 b) de la Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero, sobre Contratación Pública, habrán de entenderse hechas también a sus equivalentes, correspondiendo al licitador acreditar dicha equivalencia en la forma establecida en el artículo 42.5 de la mencionada Directiva.

### **3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

A efectos del presente documento se entenderá por:

“Contratista” Empresa adjudicataria del servicio de mantenimiento objeto de este Pliego.

“Metro de Madrid”: Metro de Madrid SA.

### **4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS**

TETRA es un sistema estándar trunking digital de radiocomunicaciones móviles privadas que posibilita el establecimiento de comunicaciones de voz y datos. Consiste en un sistema de radio digital multicanal desarrollado siguiendo el estándar TETRA (TERrestrial TRunked RADio) del ETSI (European Telecommunications Standard Institute).

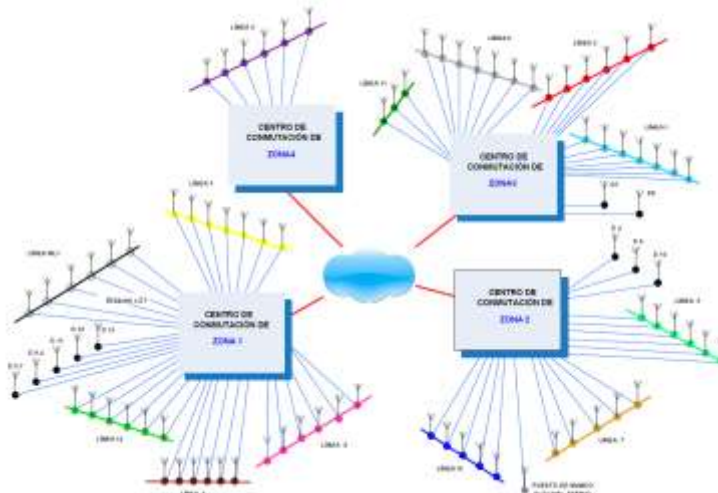
Hasta la llegada de la Radiotelefonía Digital Trunking TETRA, la radio existente para dar servicio a la explotación en trenes en el túnel era la convencional VHF en la banda de 170 MHz. Dicho sistema consiste básicamente en bases con la misma frecuencia para todas las bases de una misma línea, por lo que en las fronteras entre ramales de distintas bases era necesario dejar un tramo cortando la progresión de la señal con el fin de evitar batidos de las señales que produjesen desvanecimientos

La radiotelefonía analógica VHF fue el primer sistema que prestó el servicio de radiotelefonía de trenes y funciona como sistema de respaldo, proporcionando servicio donde la cobertura del sistema digital haya quedado indisponible o para aquellos vehículos o agentes que no dispongan de terminales digitales.

#### **4.1. Descripción general del sistema TETRA**

La red TETRA de Metro de Madrid ha sido suministrada por Motorola, bajo el nombre comercial de Dimetra. Está compuesta por dos conmutadores situados en el Puesto Central y en el TICS de Puerta del Sur y una subred de acceso radio, conectada a los conmutadores y constituida por un conjunto de bases de radio, que se emplazan en los CAT (Centro Administrativo de Telecomunicaciones) de las estaciones y recintos. Estos componentes serán analizados por separado en los siguientes apartados.

## 4.2. Centro de conmutación



El sistema tiene dos centros de control o de conmutación en réplica. Cada uno de estos centros se estructura en cuatro zonas, cada una de las cuales cuentan con un controlador en cada centro. Estos están ubicados en los 2 Puestos de Mando de Metro de Madrid: Alto del Arenal (Puesto de Mando Principal) y Puerta del Sur (Puesto de Mando Réplica). Cada zona del sistema TETRA administra un conjunto limitado de líneas y recursos. La distribución del control de líneas y depósitos dotados de cobertura TETRA teniendo en cuenta las últimas ampliaciones es la siguiente:

CENTRO DE CONMUTACIÓN	UBICACIONES CONTROLADAS
<b>Zona 1</b>	<b>Líneas 3, 4, 8, 11, 12 y ML1</b> <b>Depósitos 9.1, 9.4, 11, 12 y 13</b>
<b>Zona 2</b>	<b>Línea 7, 10,</b> <b>Depósitos 4, 6 y 10</b> <b>Puesto de Mando</b>
<b>Zona 3</b>	<b>Líneas 1,2, 6 y 11</b> <b>Depósitos 7, 8</b>
<b>Zona 4</b>	<b>Línea 9</b>

Los centros de control se conectan al SIA (Sistema de Integración de Audio) del Puesto Central para proporcionar la funcionalidad TETRA a cada operador.

## 4.3. Bases de radio TETRA

Las bases TETRA proporcionan cobertura radio en túneles, andenes, pasillos, vestíbulos depósitos y otros recintos. Se ubican en los Centros Administrativos de Telecomunicaciones (CAT) y comparten la infraestructura radiante con el resto de sistemas radio.

La gran mayoría del parque de bases TETRA de Metro de Madrid constan únicamente de una portadora radio. Teniendo en cuenta la multiplexión TDMA de 4 canales de TETRA y la reserva del canal para señalización, cada ubicación dispone de 3 canales de usuario.

La infraestructura TETRA de Metro de Madrid dispone de dos tipos de bases atendiendo a su características y época de instalación:

- EBTS (Enhanced Base Transceiver System) las más antiguas y obsoletas
- MTS (Motorola TETRA Station).

#### **4.4. Sistema radiante**

Es el elemento por medio del cual la señal de radiofrecuencia se propaga a lo largo del túnel y por todas las localizaciones de una estación (andenes, pasillos, vestíbulos, escaleras, etc.).

En función del ámbito de la instalación (túneles, andenes, pasillos, vestíbulos, escaleras, depósitos, etc.) estará formado por:

- Cable radiante
- Antenas
- Elementos pasivos: combinadores, acopladores, divisores, cargas, etc.

Se distinguen tres infraestructuras independientes:

- Sistema radiante de túnel: se instala a lo largo del túnel y de los andenes de las estaciones y propaga las señales de los sistemas de radiotelefonía analógica de trenes (RTT), TETRA y del sistema TEBATREN. En aquellos puntos en los que la señal no es suficiente se utilizan amplificadores para adecuar la señal a las necesidades en una determinada ubicación.
- Sistema radiante de estación: recorre los diferentes ámbitos de una estación (andenes, pasillos, escaleras, vestíbulos, etc.), para radiar la señal de TETRA.
- Sistema radiante de depósito: da cobertura al recinto de los depósitos y al túnel de conexión con la línea o líneas correspondientes para propagar las señales de la RTT y TETRA.

#### **4.5. Amplificadores RF y ópticos.**

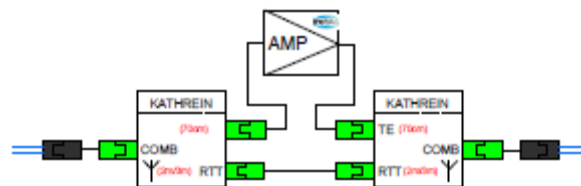
En aquellos puntos en lo que el nivel de señal de las bases TETRA no es suficiente para proporcionar la cobertura necesaria, se emplean elementos activos para amplificar la señal. En la actualidad se disponen de dos tipos de amplificadores:

- Amplificadores ópticos.
- Amplificadores de RF.

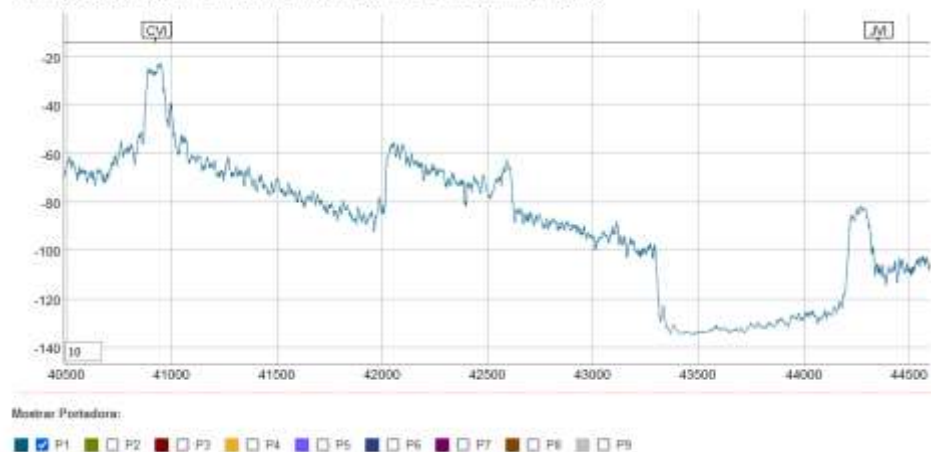
##### **4.1.1 Amplificadores de RF.**

Son equipos independientes, separados de las bases, que se encargan de amplificar la señal TETRA.

A continuación, se muestra foto de la instalación, el esquema funcional y gráfica de cobertura radio de un amplificador RF entre las estaciones de Túnel Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales.



Gráfica de cobertura TETRA en Línea L10A via V2. Fecha: 20180403

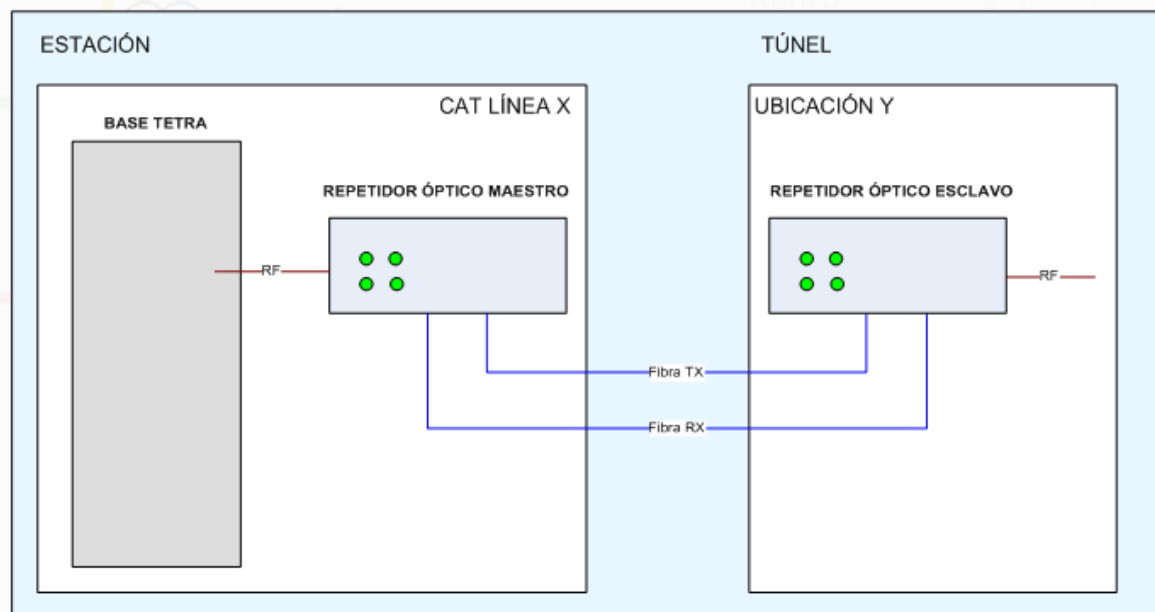


En el caso de los amplificadores de RF objeto de este documento situados en los tramos de interestación túnel Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales tiene fecha de instalación el año 2004.

#### 4.1.1 Amplificadores ópticos.

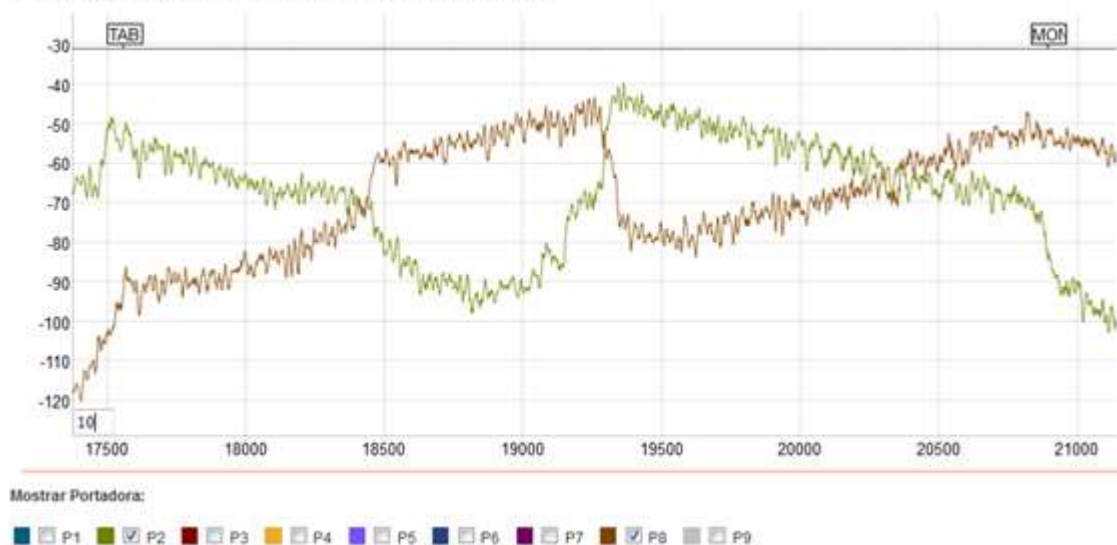
Son equipos que funcionan por parejas y transportan a puntos alejados la señal TETRA previa conversión al dominio óptico.

A continuación, se muestra foto de la instalación, el esquema funcional y gráfica de cobertura radio de un amplificador del repetidor óptico de la RF entre las estaciones de Montecarmelo y Las Tablas.





Gráfica de cobertura TETRA en Línea L10B vía V1.

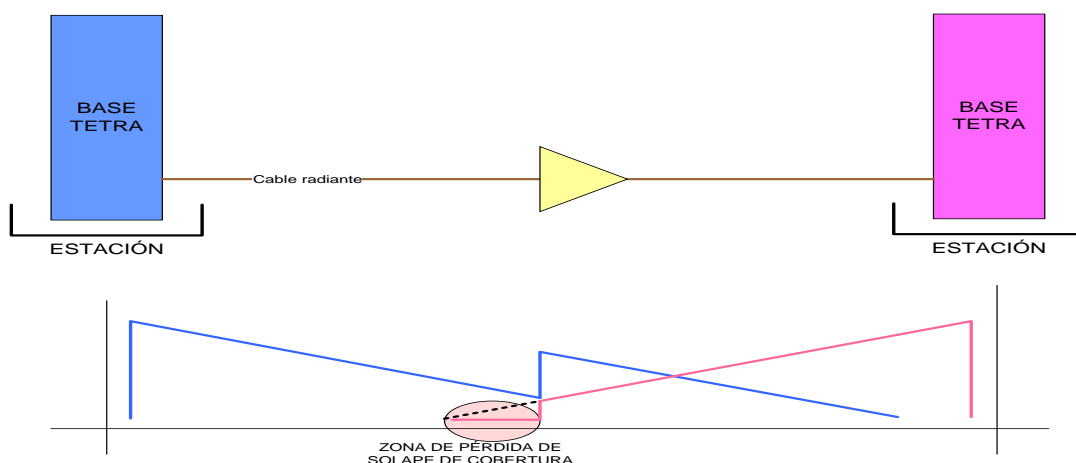


## 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

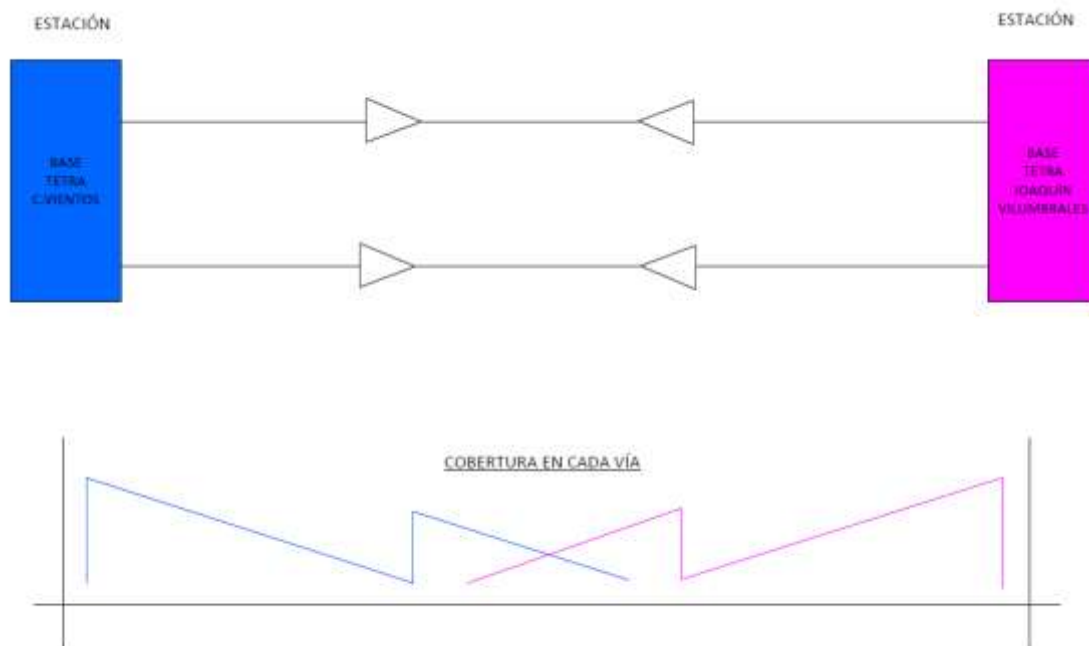
Los amplificadores de RF que hay actualmente en línea 10 fueron instalados en el año 2004, por lo que han alcanzado el final de su vida útil. Surge, por tanto, la necesidad de renovar dicho equipamiento para garantizar las prestaciones y cobertura de la señal TETRA que cubre el tramo.

Además, se aprovecha la necesidad de sustitución, para mejorar la disponibilidad del sistema TETRA ante un fallo simple. Esta mejora se basa en dotar de redundancia de cobertura los tramos de túnel más largos, instalando parejas de repetidores ópticos en lugar de los actuales amplificadores de RF.

La siguiente figura muestra la instalación actual con un amplificador de RF de túnel.

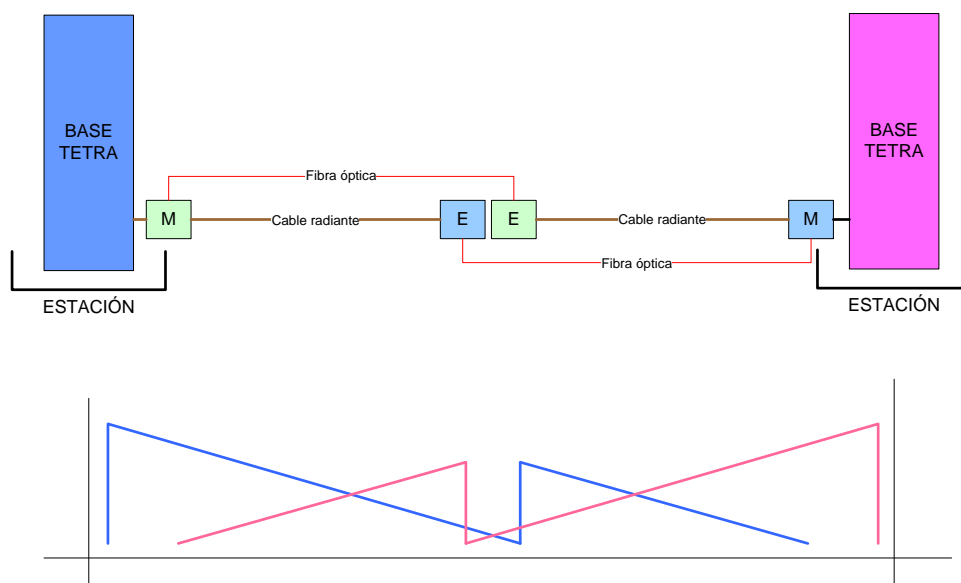


**Figura 1.** Pérdida de solape de cobertura debido a la instalación de amplificadores de RF



**Figura 2.** Pérdida de solape Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales

Con el montaje anteriormente descrito, cuando falla la base o el amplificador, deja un gran tramo del túnel sin cobertura. Con el fin de aumentar la disponibilidad del sistema en esos tramos de interestación es necesario rediseñar la propagación de TETRA en el túnel sustituyendo dichos amplificadores de RF por dos parejas de amplificadores ópticos maestro-esclavo cuyos esclavos se instalarían yuxtapuestos en el centro de la interestación, como se ilustra en la figura siguiente:



**Figura 3.** Cobertura de túnel mediante amplificadores ópticos yuxtapuestos

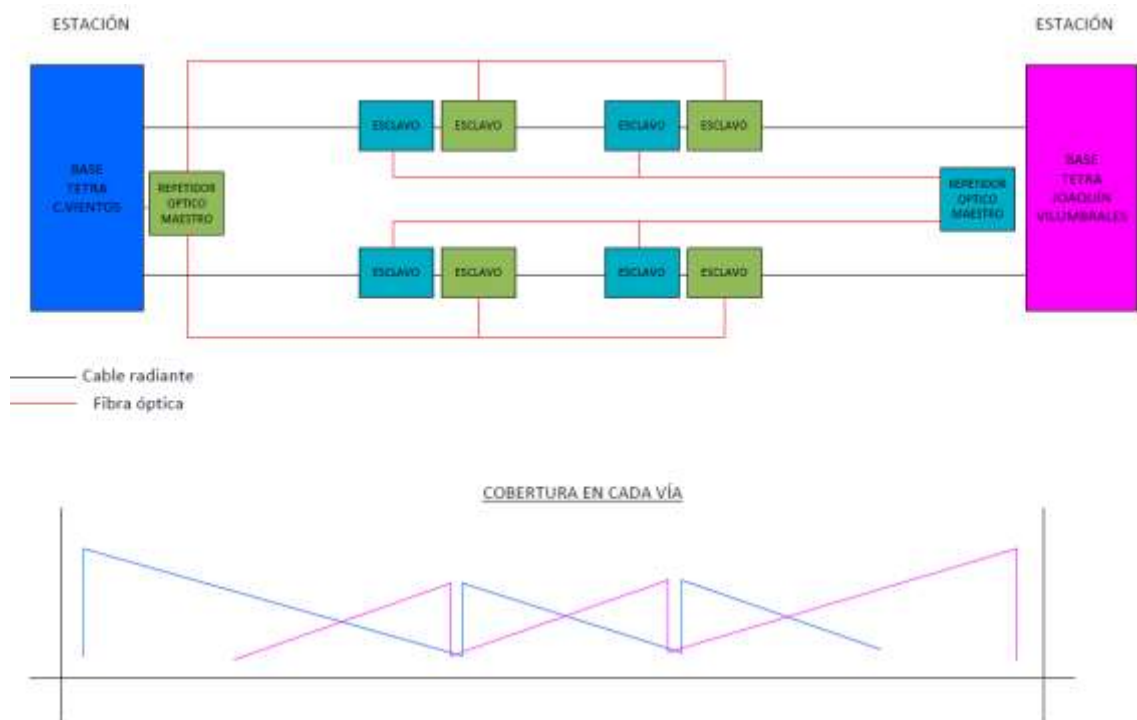


Figura 4. Cobertura de túnel mediante amplificadores ópticos yuxtapuestos Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales

## 6. ALCANCE TÉCNICO

En este apartado se detallan los trabajos necesarios para la sustitución cada uno de los cuatro amplificadores RF de TETRA instalados en los tramos de interestación en túnel Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales por dos conjuntos de repetidores ópticos maestro-esclavo por amplificador.

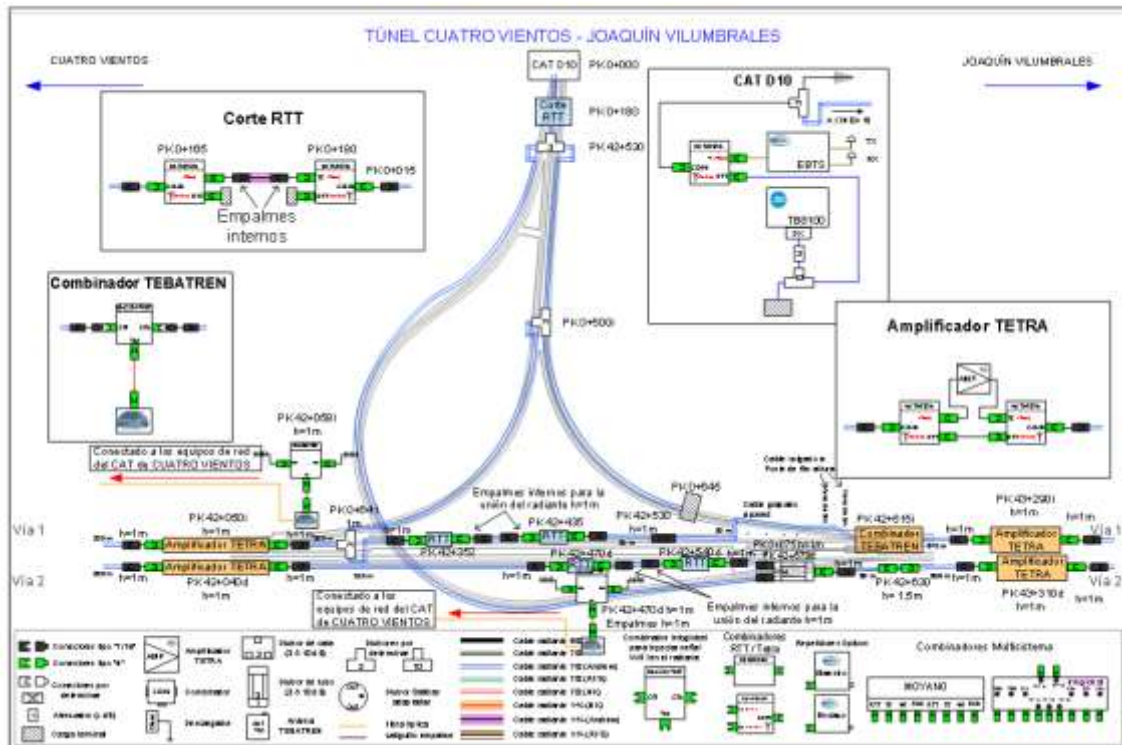


Figura 5. Instalación actual Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales

El túnel de enlace entre Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales tiene la característica de disponer de doble túnel para cada vía independiente uno con el otro, lo que hace imprescindible duplicar la instalación para cada una de las vías.

Dentro de la instalación se deberá incluir los trabajos y todos los componentes necesarios, acopladores y divisores, incluido pequeño material, para el acondicionamiento de la señal de RF, tanto en el repetidor óptico maestro ubicado en el armario de Radio del CAT, como en el repetidor óptico esclavo a instalar en el túnel para la devolución de la señal RF al sistema radiante de túnel, dejando paso a las otras señales que se propagan por el mismo con las mínimas pérdidas imprescindibles.

- Suministro e instalación de un cable de fibra óptica desde la bandeja de los CAT implicados siguiendo el esquema de instalación cruzado descrito en la introducción. Será necesario la instalación de las correspondientes bandejas de 1U dentro de un rack estándar de 19" en los CAT cuya capacidad sea de 24 conectores FC. En el caso de la instalación en túnel, deberá instalarse una bandeja de fibra óptica de montaje en caja mural cumpliendo los requisitos de estanqueidad y protección necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las fibras en el túnel, las fibras a instalar deberán tener un 50% de reserva.
- Suministro e instalación de cable de alimentación 3 x 2,5 mm para los amplificadores ópticos esclavos instalados en el túnel desde el automático asignado de la planta de energía ubicada en los CAT implicados. La sección de este cable está calculada para un repetidor esclavo cuya potencia es de 100 W y cuya entrada de tensión es de 100-230 Vac. Si el repetidor propuesto no cumpliera esta especificación, el Contratista calculará la sección del cable para que la caída de tensión en el mismo permita trabajar al dispositivo dentro de sus valores nominales de tensión y corriente.

- Todos los componentes montados en el túnel deberán instalarse dentro de armarios murales con grado de protección mínimo IP67.
- Todas las conexiones (alimentación, enlace con la base TETRA, enlace con el sistema de transmisión, etc.) deben quedar correctamente identificadas, etiquetadas y documentadas.
- Todos los materiales necesarios para cumplir los ítems solicitados serán suministrados por el Contratista.
- Al tratarse de un tramo en explotación, los trabajos se realizarán en horario nocturno y previa solicitud de corte.

El Contratista realizará las mediciones de los cables para que sus tiradas se realicen extremo a extremo sin necesidad de empalmes intermedios.

### 6.1. Túnel Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales

A continuación, se describe el **alcance** de los trabajos a realizar en el tramo de interestación Cuatro Vientos - Joaquín Vilumbrales:

- Suministro, configuración e instalación de cuatro conjuntos repetidores ópticos maestro-esclavo. Los esclavos se instalarán en la Vía 1 42+050, 43+290 y V2 PK 42+040, 43+310 siguiendo el esquema descrito en la introducción de este documento, con iguales o superiores características a los modelos actualmente instalados en Metro Madrid o equivalentes 100 %:

Tipo	Fabricante	Modelo
Maestro	Commscope	7158775-7325
Esclavo	Commscope	7773877-001
Maestro	Selecom	20745
Esclavo	Selecom	20370

- A continuación, se precisan las distancias desde los CAT hasta el punto de instalación de los repetidores ópticos esclavos.

Tramo interestación	Línea	Vía	CAT Estación	PK R. Óptico	Distancia al CAT (metros)
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	1	C. Vientos	42+050	1.230 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	1	J. Vilumbrales	42+050	2.547 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	2	C. Vientos	42+040	1.219 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	2	J. Vilumbrales	42+040	2.558 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	1	C. Vientos	43+290	2.594 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	1	J. Vilumbrales	43+290	1.183 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	2	C. Vientos	43+310	2.616 m
C. Vientos - J. Vilumbrales	10	2	J. Vilumbrales	43+310	1.161 m

- Retirada del amplificador de RF TETRA instalado en V1 Vía 1 42+050, 43+290 y V2 PK 42+040, 43+310 junto con los elementos sobrantes que dejan de ser necesarios para el correcto funcionamiento del sistema radiante de túnel, incluido traslado a punto limpio o almacén donde determine Metro de Madrid.
- Una vez retirado el equipamiento será necesario la realización de empalme en Vía 1 PK 42+050, 43+290 y V2 PK 42+040, 43+310 para dar continuidad a las señales de RF siguiendo en todo momento las indicaciones recogidas en la instrucción técnica de instalación de cable radiante de Metro de Madrid.
- La tirada de cable de alimentación se hará desde el CAT en el que esté situado el maestro para alimentar a cada uno de los esclavos dependientes de éste, en caso de no poder realizarse con una única tirada de cable para ambos esclavos por las características técnicas de los equipos que garanticen el correcto funcionamiento, en este caso se deberá de realizar una tirada doble por vía para cada uno de los esclavos o adecuar la sección del cable para que la caída de tensión en el mismo permita trabajar al dispositivo dentro de sus valores nominales de tensión y corriente.
- La tirada de fibra óptica se realizará de 8 o 16 FFOO dependiendo de las características técnicas de equipamiento (uso de una o dos FO por repetidor), la tirada de FO debe dejar un 50% de reserva por ubicación de esclavo, la tirada de cable se realizará de CAT a CAT con las conexiones oportuna para garantizar el correcto funcionamiento del equipamiento.

## **7. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO**

### **7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRABAJOS**

El Contratista, una vez finalizados los trabajos, presentará la documentación final de obra en la que se contemplarán todos los trabajos realizados, con la explicación del funcionamiento de la solución, en la que se presenten las especificaciones y configuraciones realizadas, así como el procedimiento necesario para realizarlas, debe quedar debidamente documentado incluyendo planos y fotografías del tendido extremo a extremo y de los equipos afectados, indicando tanto sobre éstos como en la memoria las características físicas. El plano debe incorporar también de forma esquemática los puntos más representativos por los que pasa (repartidores, arquetas, tubos, postes, etc.).

El Contratista propondrá un plan de pruebas para la puesta en servicio de los repetidores ópticos instalados, para lo cual utilizará su equipamiento de medición y personal propio. El plan de pruebas debe incluir, además de aquellos otros aspectos que proponga el Contratista, medidas reflectométricas y medidas de potencia en la fibra óptica, así como las oportunas pruebas funcionales que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

## **8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN**

Los trabajos objeto del contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones legales vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de leyes, reglamentos, ordenanzas, instrucciones o normas de cualquier otro rango que resulten obligatorias, ya sean de ámbito comunitario, nacional, autonómico o local.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones o normas promulgadas por la Administración, que sean de aplicación para las obras solicitados.

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

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

## **9. REQUISITOS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE**

### **9.1. Requisitos de seguridad y salud.**

El Contratista, como responsable de las condiciones de trabajo de su personal, estará directamente obligado a cumplir cuantas disposiciones, presentes o futuras, estuvieren vigentes en materia laboral, de seguridad social, de prevención de riesgos laborales y de medio ambiente, debiendo adoptar las medidas necesarias para asegurar la indemnidad, integridad y salubridad de la personas, así como prevenir cualquier tipo de accidentes que pudieran producirse con ocasión del cumplimiento del Servicio, sean cuales fueren las causas de los mismos.

Esto se entenderá, referido, en su caso también, a todo el personal subcontratado a través de otras empresas, así como a los trabajadores autónomos y procedentes de ETTs que se contraten para determinados servicios asociados al mantenimiento objeto de este Pliego.

El Contratista dispondrá de los técnicos titulados cualificados en prevención que al respecto fueran precisos, arbitrando a pie de obra todas las medidas obligatorias al respecto.

El Contratista queda obligado a observar y hacer cumplir a todo su personal las normas de seguridad y salud en el trabajo que establezca la legislación, normativas vigentes, así como los procedimientos que en materia de prevención laboral establezca Metro de Madrid para sus propios trabajadores, conforme a la correspondiente documentación, preexistente o sobrevenida, que, a tal efecto, reciba de Metro de Madrid. En caso de observar alguna discrepancia o incompatibilidad entre las normas y procedimientos de prevención de riesgos de aplicación y elaboración propia, respecto a los indicados por Metro de Madrid como referencia en actividades de idéntica naturaleza, habrá de ser puesto de manifiesto para su análisis, discusión y resolución necesaria.

Especialmente:

- A) En materia de prevención laboral establecerá las medidas pertinentes relacionadas con la seguridad de las personas (usuarios y trabajadores).
- B) Muy especialmente, todos los trabajos que se realicen en locales, armarios de maniobra y otros cofres con componentes con riesgo eléctrico, se efectuarán dejando sin tensión los elementos próximos que pudieran ser objeto de riesgo y cuyo contacto fortuito pudiera dar lugar a accidentes.
- C) Se utilizarán equipos de protección personal (EPI) adecuados y herramientas especiales.
- D) Se llevarán a cabo las diferentes reuniones que con carácter obligatorio y como coordinación de actividades empresariales marca la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

## 10.INDICADORES DE SERVICIO

### 10.1. Penalidades

Según se indica en el apartado “Penalidades” del Pliego de Condiciones Particulares.

## 11.PERÍODO DE GARANTÍA

El plazo de garantía de la instalación será de 1 año, salvo que la garantía del suministrador del bien o equipo especifique un periodo mayor, en cuyo caso prevalecerá la del suministrador.