



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

**IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS DE RECUPERACIÓN
DE ENERGÍA EN CUATRO CENTROS DE TRACCIÓN
DE METRO DE MADRID, FINANCIABLE AL 50%
CON CARGO AL PROGRAMA OPERATIVO 2014-
2020 FEDER DE LA COMUNIDAD DE MADRID**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Director del Pliego: Dionisio Izquierdo Bravo

Autores del Pliego: Laura Carmen Simón Vena
Jorge Quintana Fernández



Metro de Madrid

Área de Ingeniería

Sº de Ingeniería de Señalización y Energía

IO_16-207V

Agosto 2017

ÍNDICE

1.	OBJETO	3
2.	ANTECEDENTES	3
3.	ALCANCE	3
4.	NORMATIVA APLICABLE.....	5
4.1	PLAN DE GESTIÓN	9
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	9
6.	REQUISITOS DE DISEÑO	10
6.1	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE	10
6.2	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR	18
6.3	PLAN DE VERIFICACIÓN DE AHORROS OBTENIDOS.....	26
6.4	CONDICIONES GENERALES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE	26
6.4.1	CONDICIONES EXIGIDAS EN MATERIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	27
7.	PLANIFICACIÓN	28
7.1	HORARIOS Y LIMITACIONES EN LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO.....	28
8.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES	28
8.1	NORMAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	28
8.2	NORMAS DE METRO DE MADRID PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	29
8.3	RECEPCIÓN	29
8.4	PLAN DE CALIDAD	29
8.5	DOCUMENTACIÓN FINAL.....	30
8.5.1	PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN	30
8.5.2	SOPORTE INFORMÁTICO DE LA DOCUMENTACIÓN	30
9.	GARANTÍA.....	31
9.1	OBJETO	31
9.2	PLAZO	31
10.	RESUMEN DE PRESUPUESTOS	32
	ANEXOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1. OBJETO

El objeto del presente pliego es la definición y valoración de cuantas operaciones sean necesarias para la implantación de 4 equipos de recuperación de energía regenerada en los Centros de Tracción (CTR) de La Peseta, La Moraleja, Barrio del Puerto y Hospital de Móstoles de Metro de Madrid.

Las actuaciones incluidas en este proyecto podrán ser cofinanciadas al 50% con cargo al Programa Operativo 2014-2020 FEDER de la Comunidad de Madrid, en concreto, con cargo al Eje 4, PI4.e OE 4.5.1 Fomento de la movilidad urbana sostenible.

2. ANTECEDENTES

Dentro de las actuales medidas del Plan de Ahorro Energético de Metro de Madrid y obedeciendo al requerimiento incluido en el Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética (PAEE 2011-2020) del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Metro de Madrid decide incorporar, de manera escalonada, sistemas de recuperación para la energía generada por el material móvil durante las fases de frenado.

En este sentido, se implantarán 4 equipos de recuperación de energía en los siguientes Centros de Tracción:

- La Peseta
- La Moraleja
- Barrio del Puerto
- Hospital de Móstoles

3. ALCANCE

Dentro del alcance del presente pliego se incluyen las siguientes actuaciones:

- Estudios y simulaciones necesarias del ahorro de energía anual estimado tras la implantación de los cuatro equipos de recuperación de energía, con objeto de optimizar algoritmos y modos de funcionamiento. Para la elaboración de dicho estudio, Metro de Madrid aportará al Adjudicatario todos los datos necesarios relativos a las líneas, material móvil, instalaciones y modos de operación disponibles que el adjudicatario estime necesario.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de 4 equipos recuperadores cuya potencia máxima será, al menos, de 2.000 kW.
- Suministro e instalación del cableado de potencia requerido, con aislamiento XLPE 1,8/3 kV.
- Terminales, canalizaciones y elementos de sujeción necesarios.
- Trabajos de obra civil y cerrajería asociados a la implantación de los equipos.

- Modificaciones requeridas en el sistema de control de los Centros de Tracción para incorporar enclavamientos de seguridad y maniobra.
- Integración de nuevas señales, órdenes y medidas analógicas en el sistema de telemando del Puesto de Mando.
- Trámites y tasas administrativos para la obtención del Acta de Puesta en Servicio de la nueva instalación y para los distintos permisos de ocupación, etc. necesarios para el correcto desarrollo de la obra.
- Trámites y actuaciones requeridas por las compañías distribuidoras en cada zona y adecuación de medidas y protecciones a realizar por exigencias de las mismas.
- Pruebas locales de enclavamientos y maniobras en el Centro de Tracción y con el Puesto de Mando del Alto del Arenal.
- Pruebas y ajustes del control de los recuperadores para la puesta en servicio de los equipos.
- Entrega de documentación necesaria.
- Plan de formación para el personal de Mantenimiento. Será necesario impartirlo en los tres turnos (mañana, tarde y noche). Se contempla un mínimo de 4 jornadas de 7 horas por cada turno.
- Seguimiento del funcionamiento de los equipos durante 12 meses a partir de la recepción de los mismos, para reajustar parámetros que influyan en los resultados de ahorro, así como elaboración de informe periódico de resultados obtenidos.

El alcance de los trabajos descritos en este pliego incluye, entre otros, los siguientes conceptos:

- Los trabajos de levantamiento de la rejilla de la ventosa de acceso de materiales, el posterior cerramiento de la misma, así como los permisos necesarios, solicitudes de licencia, el balizamiento, etc.
- Suministro, montaje, configuración, pruebas y puesta a punto de todos los elementos e instalaciones a realizar, incluyendo todos los elementos auxiliares necesarios.
- Todos los gastos inherentes a inspecciones, autorizaciones y permisos de carácter obligatorio que sean precisos, incluyendo los asociados al tratamiento y traslado de los residuos y materiales desmontados.
- Todas aquellas actividades de cualquier tipo, necesarias para la implantación de los sistemas a contratar y su entrega en condiciones de funcionamiento satisfactorio, incluyendo, si fuera necesario, adecuaciones de alumbrado, sistema de protección contra incendios, sistema de ventilación, etc.

- Actualización de la documentación y planos afectados de los Centros de Tracción.

4. NORMATIVA APLICABLE

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

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: estructuras (edificación, acero, fábrica y hormigón), Instalaciones (agua, electricidad... y protección contra incendios), Seguridad y Salud en las obras de construcción (genéricas y específicas para amianto), Medio Ambiente, barreras arquitectónicas, Instrucciones y Pliegos de recepción, andamios, etc.

Entre otras se cumplirán las siguientes normas específicas:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1011/2009, de 19 de junio, por el que se regula la Oficina de Cambios de Suministrador, en particular los Vertidos a la red de energía eléctrica para consumidores que implanten sistemas de ahorro y eficiencia.
- RD 1018/1997, de 26 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Puntos de Medida de los consumos y tránsitos de energía eléctrica.
- UNE-EN 50160:2011; UNE-EN 50160:2011/A1:2015. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
- UNE-EN 50124-1:2001; UNE-EN 50124-1/A1:2004; UNE-EN 50124-1/A2:2005 y UNE-EN 50124-1 CORR:2010. Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Requisitos fundamentales. Distancias en el aire y líneas de fuga para cualquier equipo eléctrico y electrónico.
- UNE-EN 50163:2005; UNE-EN 50163:2005 CORR:2010; UNE-EN 50163:2005/AC:2013; UNE-EN 50163:2005/A1:2008. Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de las redes de tracción.

- UNE-EN 50328:2004; UNE-EN 50328:2004 CORR:2007. Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Convertidores electrónicos de potencia para subestaciones.
- UNE-EN 50327:2004; UNE-EN 50327:2004/A1:2005. Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Armonización de los valores asignados para grupos convertidores y ensayos sobre grupos convertidores.
- EN 60146-1-1:2010. Convertidores de semiconductores. Especificaciones comunes y convertidores conmutados por red. Parte 1-1: Especificaciones de los requisitos técnicos básicos.
- UNE-EN 60721-3-3:1997; UNE-EN 60721-3-3/A2:1998. Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 3: Clasificación de los grupos de parámetros ambientales y sus severidades.
- Normativa vigente ruidos y vibraciones, como el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Marcaje CE según la directiva 93/68/EEC.
- UNE-EN 62271-1:2009 UNE-EN 62271-1/A1:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes. Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes.
- UNE-EN 61439-5:2011; UNE-EN 61439-5:2015. Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparamenta
- UNE-EN 62271-102:2005 UNE-EN 62271-102:2005 ERR:2011 UNE-EN 62271-102:2005/A1:2012 UNE-EN 62271-102:2005/A2:2013 Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna
- UNE-EN 62271-103:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 103: Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 62271-106:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 106: Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-100:2011; UNE-EN 62271-100:2011/A1:2014. Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-200:2012; UNE-EN 62271-200:2012/AC:2015. Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envoltorio metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

- UNE-EN 62271-201:2015. Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE 20324:1993; UNE 20324/1M:2000; UNE 20324:1993/2M:2014; Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 50102:1996 UNE-EN 50102 CORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK). · UNE-EN 60076-1:2013 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 60076-3:2014. Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire. Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
- UNE-EN 60076-5:2008 Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos.
- UNE-EN 60076-11:2005 Transformadores de potencia. Parte 11: Transformadores de tipo seco.
- UNE-EN 21538-1:2013 Transformadores trifásicos de distribución tipo seco 50 Hz, de 100 kVA a 3 150 kVA, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional.
- UNE-EN 62271-202:2015; UNE-EN 62271-202:2015/AC:2015. Aparamenta de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- UNE EN 50532:2011 Conjuntos compactos de aparamenta para centros de transformación (CEADS).
- UNE-EN 61869-1:2010; UNE-EN 61869-1:2010 ERRATUM:2011. Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 61869-2:2013 Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- UNE-EN 61869-5:2012; UNE-EN 61869-5:2012/AC:2015. Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- UNE-EN 61869-3:2012 Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.

- UNE-EN 60282-1:2011. UNE-EN 60282-1:2011/A1:2015. Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.
- UNE 21120-2:1998 Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.
- UNE-EN 60228:2005; UNE-EN 60228:2005 CORR:2005; UNE-EN 60228:2005 ERRATUM:2011. Conductores de cables aislados.
- UNE 211002:2012; UNE 211002:2017. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V con aislamiento termoplástico. Cables unipolares, no propagadores del incendio, con aislamiento termoplástico libre de halógenos, para instalaciones fijas.
- UNE 21027-9:2014 Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables con propiedades especiales ante el fuego. Cables unipolares sin cubierta con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humo. Cables no propagadores del incendio.
- UNE 21027-9:2017. Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables unipolares sin cubierta, con aislamiento reticulado y con altas prestaciones respecto a la reacción al fuego, para instalaciones fijas.
- UNE 211006:2010 Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.
- UNE 211620:2014. Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV.
- UNE 211620:2017. Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Cables con pantalla de tubo de aluminio y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E-6, 10E-8 y 10E-9).
- UNE 211027:2013 Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- UNE 211028:2013; UNE 211028:2013/1M:2016. Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- UNE-EN 50122: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas.
- UNE-EN 50121: Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética.
- IEC-60502-2: Cables para tensiones desde 6kV hasta 30 kV
- UNE-EN 60332-1-2: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Quemador de llama premezclada 1 kW (No propagador de la llama).

- UNE-EN 60332-2-3: Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Parte 2-2. Categoría C. (No propagador del incendio).
- UNE-EN 50267-2-1: Determinación de la cantidad de gases halógenos. (Libre de halógenos).
- UNE- EN 50267-2-2: Determinación del grado de acidez de gases de los materiales por medida del pH y la conductividad. (Baja acidez y corrosividad).
- UNE- EN 61034-2: Medida de la densidad de los humos producidos por cables en combustión. (Densidad de humos).

4.1 PLAN DE GESTIÓN

El Área de Ingeniería dispone de un sistema de gestión de la calidad aplicado a sus actividades conforme a la norma UNE-EN ISO 9001, tal y como se recoge en el Certificado nº ER-0928/2010, emitido por la entidad certificadora AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A continuación se desarrolla en la Tabla 1 un glosario de términos que aparece a lo largo del pliego con el objetivo de ayudar a comprender al lector terminologías utilizadas tanto a nivel de instalaciones como a nivel de la solución técnica.

Acrónimo	Significado	Objeto
CTR	<i>Centro de tracción</i>	Alimentación al sistema de tracción de la red de Metro de Madrid
A.T.	<i>Alta Tensión</i>	
B.T.	<i>Baja Tensión</i>	
C.C.	<i>Corriente continua</i>	
PPC	<i>Puesto Principal de Control</i>	

Tabla 1: Definiciones y abreviaturas

6. REQUISITOS DE DISEÑO

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE

En el presente apartado se describen los principales equipos incluidos en cada uno de los centros de tracción objeto del presente pliego (ver datos adicionales en Anexo B):

Centro de Tracción La Peseta

El CTR La Peseta se aloja en un recinto subterráneo de dos plantas situado en el interior de la estación La Peseta en la Línea 11 de Metro de Madrid, bajo la calle Salvador Allende, s/n, 28054 Madrid. En la planta superior se encuentra la totalidad del equipamiento propio del centro de tracción y en la planta baja los cables de interconexión entre los equipos, así como las entradas y salidas de los cables de alta tensión y de los cables de alimentación a tracción.

En la planta superior hay dos cubículos libres y disponibles de dimensiones 3,90 x 2,55 m.

La ubicación del centro de tracción se muestra en el plano adjunto en el Anexo A.

Las características técnicas principales de los distintos equipos que componen el CTR son:

Celdas de 15 kV

Son celdas marca ISOWAT, modelo DS-24, prefabricadas y compartimentadas para facilitar y dar mayor seguridad a las maniobras y a los trabajos de mantenimiento. Cuentan con sistema de doble barra, dos seccionadores motorizados y disyuntor en SF6, tal como indica el esquema unifilar adjunto en el Anexo B.

Los enclavamientos para maniobra y acceso de estas celdas son de tipo electromecánico, con accionamiento de bobinas electromagnéticas por pulsadores.

Transformadores

Los transformadores de tracción son encapsulados de aislamiento seco y clase VI, con el primario configurado en triángulo y con doble secundario. Dotados de sondas de temperatura tanto en las bobinas como en el núcleo.

Son de la marca ABB, modelo DTE 3300/17,5.

Celdas de c.c.

Son celdas de construcción modular e independientes unas de otras, acopladas mecánica y eléctricamente formando un conjunto único.

Cuentan con una compartimentación interior que garantiza la seguridad de los usuarios y mantenedores en caso de maniobras o incidencia por avería interna.

Incluyen el sistema de "barra principal y de transferencia" debido a la necesidad de asegurar la continuidad del servicio en caso de avería o revisión programada de interruptores.

Son de la marca Cuadreclec, modelo R-1PT-D6.1.3-AN-D.

Equipos de control

El CTR cuenta con una arquitectura basada en una red de control distribuido formada por una red de autómatas localizados en cada uno de los grupos eléctricos, celdas de AT, celdas de corriente continua, armario de fallos a estructura, armario de ventilación, que constituyen una red de control distribuido con protocolo Modbus embebido en Ethernet TCP/IP, estableciendo una configuración en anillo mediante switches industriales de fibra óptica multimodo, por razones de inmunidad a las interferencias radioeléctricas. Esta red se comunica con el nodo de conmutación Ethernet situado en el Puesto Principal de Control (PPC) del centro de tracción, a través de doble comunicación redundante en hot stand-by, lo que permite controlar los equipos desde el SCADA local, desde el Puesto de Mando del Alto del Arenal y desde el Puesto de Réplica de Puerta del Sur (TICS).

Los autómatas son de la marca Schneider Electric, modelo TSX Momentum.

PPC

Está formado básicamente por los siguientes elementos:

- SCADA: formado por un PC industrial donde reside la aplicación para el control local del CTR, que se comunica con el nodo de conmutación Ethernet.
- Pasarela de comunicaciones: realiza la función de conversión de protocolo Ethernet TCP/IP a IEC-870-5-104, hacia el Despacho de Cargas a través del nodo de conmutación Ethernet.
- Gestor de Medida de Energía (GME): adquisición de todos los datos generados por los analizadores eléctricos.
- Gestor de Protecciones de Corriente Alterna (GPCA): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente alterna.
- Gestor de Protecciones de Corriente Continua (GPCC): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente continua.
- Nodo de conmutación Ethernet: se interconecta al Nodo de Acceso de la Red IP Multiservicio del cuarto de comunicaciones de la estación, mediante fibra óptica multimodo por razones de distancia e inmunidad a las interferencias radioeléctricas.

Sistema de detección de incendios

Este CTR cuenta actualmente con un sistema de detección de incendios de aspiración de alta sensibilidad VLP (Vesda Laser Plus). Deberá realizarse una ampliación de este sistema, por parte de una empresa autorizada, de forma que sea totalmente compatible con el sistema actual y mantenga su correcto funcionamiento durante y después de las obras. Las actuaciones están recogidas en el apartado 6.2 Descripción de las obras e instalaciones a realizar de este Pliego.

Centro de tracción La Moraleja.

El CTR La Moraleja se aloja en un recinto subterráneo de dos plantas situado en el interior de la estación La Moraleja en la Línea 10-B de Metro de Madrid, bajo la Avenida de Bruselas, 14, 28108 Alcobendas. En la planta superior se encuentra la totalidad del equipamiento propio del centro de tracción y en la planta baja los cables de interconexión entre los equipos, así como las entradas y salidas de los cables de alta tensión y de los cables de alimentación a tracción.

En la planta superior hay dos cubículos libres y disponibles de dimensiones 3,35 x 2,55 m.

La ubicación del centro de tracción se muestra en el plano adjunto en el Anexo A.

Las características técnicas principales de los distintos equipos que componen el CTR son:

Celdas de 15 kV

Son celdas marca ISOWAT, modelo DS-24, prefabricadas y compartimentadas para facilitar y dar mayor seguridad a las maniobras y a los trabajos de mantenimiento. Cuentan con sistema de doble barra, dos seccionadores motorizados y disyuntor en SF6, tal como indica el esquema unifilar adjunto en el Anexo B.

Los enclavamientos para maniobra y acceso de estas celdas son de tipo electromecánico, con accionamiento de bobinas electromagnéticas por pulsadores.

Transformadores

Los transformadores de tracción son encapsulados de aislamiento seco y clase VI, con el primario configurado en triángulo y con doble secundario. Dotados de sondas de temperatura tanto en las bobinas como en el núcleo.

Son de la marca ABB, modelo DTE 3300/17,5.

Celdas de c.c.

Son celdas de construcción modular e independientes unas de otras, acopladas mecánica y eléctricamente formando un conjunto único.

Cuentan con una compartimentación interior que garantiza la seguridad de los usuarios y mantenedores en caso de maniobras o incidencia por avería interna.

Incluyen el sistema de "barra principal y de transferencia" debido a la necesidad de asegurar la continuidad del servicio en caso de avería o revisión programada de interruptores.

Son de la marca Balfour Beatty, modelo DHN2D241DB6N405S.

Equipos de control

El CTR cuenta con una arquitectura basada en una red de control distribuido formada por una red de autómatas localizados en cada uno de los grupos eléctricos, celdas de AT, celdas de corriente continua, armario de fallos a estructura, armario de ventilación, que constituyen una red de control distribuido con protocolo Modbus embebido en Ethernet TCP/IP, estableciendo una configuración en anillo mediante switches industriales de fibra óptica multimodo, por razones de inmunidad a las interferencias radioeléctricas. Esta red se comunica con el nodo de conmutación Ethernet situado en el Puesto Principal de Control (PPC) del centro de tracción, a través de doble comunicación redundante en hot stand-by, lo que permite controlar los equipos desde el SCADA local, desde el Puesto de Mando del Alto del Arenal y desde el Puesto de Réplica de Puerta del Sur (TICS).

Los autómatas son de la marca Schneider Electric, modelo TSX Momentum.

PPC

Está formado básicamente por los siguientes elementos:

- SCADA: formado por un PC industrial donde reside la aplicación para el control local del CTR, que se comunica con el nodo de conmutación Ethernet.
- Pasarela de comunicaciones: realiza la función de conversión de protocolo Ethernet TCP/IP a IEC-870-5-104, hacia el Despacho de Cargas a través del nodo de conmutación Ethernet.
- Gestor de Medida de Energía (GME): adquisición de todos los datos generados por los analizadores eléctricos.
- Gestor de Protecciones de Corriente Alterna (GPCA): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente alterna.
- Gestor de Protecciones de Corriente Continua (GPCC): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente continua.
- Nodo de conmutación Ethernet: se interconecta al Nodo de Acceso de la Red IP Multiservicio del cuarto de comunicaciones de la estación, mediante fibra óptica multimodo por razones de distancia e inmunidad a las interferencias radioeléctricas.

Sistema de detección de incendios

Este CTR cuenta actualmente con un sistema de detección de incendios de aspiración de alta sensibilidad VLP (Vesda Laser Plus). Deberá realizarse una ampliación de este sistema, por parte de una empresa autorizada, de forma que sea totalmente compatible con el sistema actual y mantenga su correcto funcionamiento durante y después de las obras. Las actuaciones están recogidas en el apartado 6.2 Descripción de las obras e instalaciones a realizar de este Pliego.

Centro de tracción Barrio del Puerto.

El CTR Barrio del Puerto se aloja en un recinto subterráneo de dos plantas situado en el interior de la estación Barrio del Puerto en la Línea 7-B de Metro de Madrid, bajo la Avenida de España, 3, 28821 Coslada. En la planta superior se encuentra la totalidad del equipamiento propio del centro de tracción y en la planta baja los cables de interconexión entre los equipos, así como las entradas y salidas de los cables de alta tensión y de los cables de alimentación a tracción.

En la planta superior hay dos cubículos libres y disponibles de dimensiones 4,20 x 2,55 m.

La ubicación del centro de tracción se muestra en el plano adjunto en el Anexo A.

Las características técnicas principales de los distintos equipos que componen el CTR son:

Celdas de 15 kV

Son celdas marca MERLIN GERIN, modelo SF-8000DB, prefabricadas y compartimentadas para facilitar y dar mayor seguridad a las maniobras y a los trabajos de mantenimiento. Cuentan con sistema de doble barra, dos seccionadores motorizados y disyuntor en SF6, tal como indica el esquema unifilar adjunto en el Anexo B.

Los enclavamientos para maniobra y acceso de estas celdas son de tipo electromecánico, con accionamiento de bobinas electromagnéticas por pulsadores.

Transformadores

Los transformadores de tracción son encapsulados de aislamiento seco y clase VI, con el primario configurado en triángulo y con doble secundario, dotados de sondas de temperatura tanto en las bobinas como en el núcleo.

Son de la marca ABB, modelo DTE 3300/17,5.

Celdas de c.c.

Son celdas de construcción modular e independientes unas de otras, acopladas mecánica y eléctricamente formando un conjunto único.

Cuentan con una compartimentación interior que garantiza la seguridad de los usuarios y mantenedores en caso de maniobras o incidencia por avería interna.

Incluyen el sistema de "barra principal y de transferencia" debido a la necesidad de asegurar la continuidad del servicio en caso de avería o revisión programada de interruptores.

Son de la marca SIEMENS, modelo SITRAS 8MF94

Equipos de control

El CTR cuenta con una arquitectura basada en una red de control distribuido formada por una red de autómatas localizados en cada uno de los grupos eléctricos, celdas de AT, celdas de corriente continua, armario de fallos a estructura, armario de ventilación, que constituyen una red de control distribuido con protocolo Modbus embebido en Ethernet TCP/IP, estableciendo una configuración en anillo mediante switch industriales de fibra óptica multimodo, por razones de inmunidad a las interferencias radioeléctricas. Esta red se comunica con el nodo de conmutación Ethernet situado en el Puesto Principal de Control (PPC) del centro de tracción, a través de doble comunicación redundante en hot stand-by, lo que permite controlar los equipos desde el SCADA local, desde el Puesto de Mando del Alto del Arenal y desde el Puesto de Réplica de Puerta del Sur (TICS).

Los autómatas son de la marca SIEMENS, modelo SIMATIC S7-300.

PPC

Está formado básicamente por los siguientes elementos:

- SCADA: formado por un PC industrial donde reside la aplicación para el control local del CTR, que se comunica con el nodo de conmutación Ethernet.
- Pasarela de comunicaciones: realiza la función de conversión de protocolo Ethernet TCP/IP a IEC-870-5-104, hacia el Despacho de Cargas a través del nodo de conmutación Ethernet.
- Gestor de Medida de Energía (GME): adquisición de todos los datos generados por los analizadores eléctricos.
- Gestor de Protecciones de Corriente Alterna (GPCA): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente alterna.
- Gestor de Protecciones de Corriente Continua (GPCC): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente continua.
- Nodo de conmutación Ethernet: se interconecta al Nodo de Acceso de la Red IP Multiservicio del cuarto de comunicaciones de la estación, mediante fibra óptica multimodo por razones de distancia e inmunidad a las interferencias radioeléctricas.

Sistema de detección de incendios

Este CTR cuenta actualmente con un sistema de detección de incendios de aspiración de alta sensibilidad VLP (Vesda Laser Plus). Deberá realizarse una ampliación de este sistema, por parte de una empresa autorizada, de forma que sea totalmente compatible con el sistema actual y mantenga su correcto funcionamiento durante y después de las obras. Las actuaciones están recogidas en el apartado 6.2 Descripción de las obras e instalaciones a realizar de este Pliego.

Centro de tracción Hospital de Móstoles.

El CTR Hospital de Móstoles se aloja en un recinto subterráneo de dos plantas situado en el interior de la estación Hospital de Móstoles en la Línea 12 de Metro de Madrid, bajo la calle Río Ebro, 6, 28934 Móstoles. En la planta superior se encuentra la totalidad del equipamiento propio del centro de tracción y en la planta baja los cables de interconexión entre los equipos, así como las entradas y salidas de los cables de alta tensión y de los cables de alimentación a tracción.

La ubicación del centro de tracción se muestra en el plano adjunto en el Anexo A.

Las características técnicas principales de los distintos equipos que componen el CTR son:

Celdas de 15 kV

Son celdas marca ISOWAT, modelo DS-24, prefabricadas y compartimentadas para facilitar y dar mayor seguridad a las maniobras y a los trabajos de mantenimiento. Cuentan con sistema de doble barra, dos seccionadores motorizados y disyuntor en SF6, tal como indica el esquema unifilar adjunto en el Anexo B.

Los enclavamientos para maniobra y acceso de estas celdas son de tipo electromecánico, con accionamiento de bobinas electromagnéticas por pulsadores.

Transformadores

Los transformadores de tracción son encapsulados de aislamiento seco y clase VI, con el primario configurado en triángulo y con doble secundario. Dotados de sondas de temperatura tanto en las bobinas como en el núcleo.

Son de la marca ABB, modelo DTE 3300/17,5

Celdas de c.c.

Son celdas de construcción modular e independientes unas de otras, acopladas mecánica y eléctricamente formando un conjunto único.

Cuentan con una compartimentación interior que garantiza la seguridad de los usuarios y mantenedores en caso de maniobras o incidencia por avería interna.

Incluyen el sistema de "barra principal y de transferencia" debido a la necesidad de asegurar la continuidad del servicio en caso de avería o revisión programada de interruptores.

Son de la marca Cuadreclec, modelo R-1PT-D6.1.3-AN-D

Equipos de control

El CTR cuenta con una arquitectura basada en una red de control distribuido formada por una red de autómatas localizados en cada uno de los grupos eléctricos, celdas de AT, celdas de corriente continua, armario de fallos a estructura, armario de ventilación, que constituyen una red de control distribuido con protocolo Modbus embebido en Ethernet TCP/IP, estableciendo una configuración en anillo mediante switchs industriales de fibra óptica multimodo, por razones de inmunidad a las interferencias radioeléctricas. Esta red se comunica con el nodo de conmutación Ethernet situado en el Puesto Principal de Control (PPC) del centro de tracción, a través de doble comunicación redundante en hot stand-by, lo que permite controlar los equipos desde el SCADA local, desde el Puesto de Mando del Alto del Arenal y desde el Puesto de Réplica de Puerta del Sur (TICS).

Los autómatas son de la marca Schneider Electric, modelo TSX Momentum.

PPC

Está formado básicamente por los siguientes elementos:

- SCADA: formado por un PC industrial donde reside la aplicación para el control local del CTR, que se comunica con el nodo de conmutación Ethernet.
- Pasarela de comunicaciones: realiza la función de conversión de protocolo Ethernet TCP/IP a IEC-870-5-104, hacia el Despacho de Cargas a través del nodo de conmutación Ethernet.
- Gestor de Medida de Energía (GME): adquisición de todos los datos generados por los analizadores eléctricos.
- Gestor de Protecciones de Corriente Alterna (GPCA): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente alterna.
- Gestor de Protecciones de Corriente Continua (GPCC): adquisición de todos los datos generados por las protecciones de corriente continua.
- Nodo de conmutación Ethernet: se interconecta al Nodo de Acceso de la Red IP Multiservicio del cuarto de comunicaciones de la estación, mediante fibra óptica multimodo por razones de distancia e inmunidad a las interferencias radioeléctricas.

Sistema de detección de incendios

Este CTR cuenta actualmente con un sistema de detección de incendios de aspiración de alta sensibilidad VLP (Vesda Laser Plus). Deberá realizarse una ampliación de este sistema, por parte de una empresa autorizada, de forma que sea totalmente compatible con el sistema actual y mantenga su correcto funcionamiento durante y después de las obras. Las actuaciones están recogidas en el apartado 6.2 Descripción de las obras e instalaciones a realizar de este Pliego.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES A REALIZAR

La implantación de los cuatro equipos de recuperación de energía, inicialmente se pretende realizar en los siguientes Centros de Tracción:

- La Peseta
- La Moraleja
- Barrio del Puerto
- Hospital de Móstoles

Estas ubicaciones están basadas en estudios teóricos realizados de acuerdo a los escenarios de explotación y servicio existentes a fecha de redacción de este Pliego. Si por circunstancias tales como, cambio de las condiciones de explotación, nuevos requerimientos de mantenimiento, incidencias en la red, modificaciones posteriores al presente pliego en los CTR citados, cambios de la normativa vigente u otras circunstancias similares, fuera necesario modificar la ubicación de alguno de estos equipos tras la formalización del contrato, se podrá evaluar la instalación de este equipo en otro CTR de 1500Vcc equivalente, de características similares al inicialmente previsto. Esta propuesta deberá ser aceptada expresamente y de mutuo acuerdo entre ambas partes (adjudicatario y Metro de Madrid). Para ello deberán presentarse los informes técnicos pertinentes que justifiquen dicho cambio, así como la comparativa económica que muestre que el alcance y coste es equivalente. En ningún caso este cambio de ubicación supondría sobrecoste para Metro de Madrid.

Para cada Centro de Tracción, el equipo recuperador de energía se conectará en paralelo con el rectificador más próximo a la ubicación de la futura celda reversible.

El equipo dispondrá de interruptores o contactores en sus conexiones, tanto en alterna como en continua, para garantizar su desconexión en caso de fallo o avería sin afectar al funcionamiento del rectificador asociado. También contará con los aparatos de corte necesarios para aislar el equipo y realizar el mantenimiento interno de forma segura.

La conexión en el lado AC, se realizará en las bornas de uno de los secundarios del transformador de tracción mediante dos cables de 1x300 mm² Cu aislamiento XLPE 1,8/3 kV por fase. Por el lado DC, la conexión se realizará, en la cabina del rectificador correspondiente, a la barra positiva y negativa mediante dos cables de 1x630 mm² Cu aislamiento XLPE 1,8/3 kV por conexión.

Se deberán realizar las adaptaciones que sean necesarias en las pletinas del transformador y rectificador para permitir la conexión de los nuevos cables. Dichas modificaciones no deberán interferir en el funcionamiento normal de los actuales equipos.

Los equipos de recuperación quedarán integrados en el sistema de control distribuido actual de los CTR, formado por PLC interconectados en bus de comunicación, intercambiando las señales, órdenes y medidas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema y poder realizar los enclavamientos de maniobra y seguridad necesarios.

En este sentido, el control de los CTR donde se van a instalar los recuperadores tienen las siguientes características:

- CTR La Peseta:
 - PLC: marca Schneider Electric, modelo TSX Momentum.
 - Integrador: Cuadrec.
- CTR La Moraleja:
 - PLC: marca Schneider Electric, modelo TSX Momentum.
 - Integrador: Balfour Beatty (actual CITRACC).
- CTR Barrio del Puerto:
 - PLC: marca SIEMENS, modelo SIMATIC S7-300.
 - Integrador: SIEMENS / SICA.
- CTR Hospital de Móstoles:
 - PLC: marca Schneider Electric, modelo TSX Momentum.
 - Integrador: Cuadrec.

Dado que se inserta un elemento nuevo en el CTR, los enclavamientos de maniobra y seguridad existentes en el CTR han de ser ampliados y actualizados con enclavamientos adicionales aportados por los nuevos equipos, que garanticen la total seguridad de cualquier maniobra tanto eléctrica como de acceso a recintos en tensión. Dado que los enclavamientos dependen del fabricante de los nuevos equipos y de la configuración interna de los mismos, el adjudicatario propondrá los enclavamientos a implementar para su verificación y validación por parte de Metro de Madrid, quien los deberá validar expresamente. Al menos deberán considerarse enclavamientos con los siguientes subsistemas actuales:

- Aparamenta de alta tensión.
- Aparamenta de corriente continua.
- Puestas a tierra.
- Acceso a recintos de transformadores.

Adicionalmente, los equipos recuperadores deberán incorporar sus propios enclavamientos internos para permitir una operación y mantenimiento seguros de los mismos desde el punto de vista de riesgo eléctrico, independientes de los enclavamientos con el resto de equipos del CTR.

Los equipos recuperadores quedarán integrados en los modos de funcionamiento Local/Distancia general del CTR:

- En modo "local", se inhabilitarán las órdenes procedentes del Puesto de Mando permaneciendo el envío de información en relación a alarmas, señales y medidas analógicas. Para el mando local, los equipos incorporarán mandos de "giro-empuje" para realizar las operaciones sobre los elementos necesarios. Estos mandos, además de la maniobra, informan visualmente del estado de los equipos (abierto/cerrado). Cualquier otro tipo de equipo para maniobra y señalización deberá ser aprobado expresamente por Metro de Madrid. No se permitirá ninguna maniobra mediante los mandos "giro-empuje" si el CTR se encuentra en modo Distancia.
- En el modo de control "distancia" los equipos se operarán remotamente desde el Puesto de Mando.

Los equipos incorporarán un interfaz de usuario tipo PC Flat-panel con pantalla táctil o similar. En este HMI se podrán consultar históricos de alarmas, eventos, medidas, etc. y dispondrá de una conexión Ethernet para poder comunicar vía IP y permitir la lectura de estos mismos datos desde una conexión remota. De igual modo, los nuevos equipos se deberán integrar en los Scadas locales de los CTR.

La alimentación auxiliar de los equipos será a 110 Vdc proveniente del cargador de baterías del propio CTR. Para ello se añadirá una protección compuesta por interruptor magnetotérmico en el actual cuadro de Servicios Comunes específica para el equipo. De igual modo, se instalará una línea debidamente dimensionada a través de canalizaciones existentes desde la protección anteriormente referida hasta el equipo.

Se deberá adaptar la instalación existente de detección de incendios de tal forma que los nuevos equipos a instalar queden cubiertos por las zonas de incendios actuales de los CTR.

Los 4 equipos a suministrar serán de las siguientes características generales:

- Potencia máxima: no inferior a 2.000 kW
- Tensión DC: 1.500 Vdc
- Intensidad máxima lado DC: no inferior a 1.333 A
- Tensión AC: 1.225 Vac
- Intensidad máxima lado AC: no inferior a 944 A

El sistema estará dimensionado para trabajar en picos: La energía susceptible de ser recuperada solo está disponible en los periodos de frenado de los trenes (no se requiere

funcionamiento en régimen permanente). El equipo debe soportar la potencia máxima indicada durante cada proceso de frenado, con una duración estimada entre 30 y 60 segundos.

La estructura de los equipos será tipo modular montados bajo envolvente metálica de chapa de acero galvanizada. Los módulos del convertidor, interruptor AC e interruptor DC formarán un único bloque montado sobre bancada aislante para permitir la incorporación de la protección de fallo a estructuras.

El transformador elevador e inductancias necesarias se instalarán en el interior de las celdas de obra disponibles en los CTR. En el caso de Hospital de Móstoles será necesario construir dicha celda. En la puerta del cerramiento se incorporará una cerradura electromagnética de seguridad, con los enclavamientos correspondientes.

El aislamiento mínimo de todos los subsistemas que conforman los equipos de recuperación de energía será:

- 10 kV (Tensión soportada nominal a frecuencia industrial, kV eficaces)
- 40 kV (Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo, kV cresta)

Cada uno de los equipos de recuperación de energía estará compuesto por los siguientes elementos principales:

Líneas de potencia

El equipo de recuperación de energía estará conectado mediante 2 líneas (positivo y negativo) de sección 2x1x630 mm² Cu aislamiento XLPE 1,8/3 kV a las barras de positivo y negativo del rectificador designado por el Director de Obra. Se modificarán las actuales pletinas del rectificador para permitir la conexión respetando en todo momento el nivel de aislamiento de la cabina.

$$I_{c.c.} = 2.000 \times 10^3 / 1.500 = 1.333 \text{ A}$$

$$I_{adm} \text{ cable } 630 \text{ mm}^2 \text{ Cu aislamiento XLPE } 1,8/3 \text{ kV} = 885 \text{ A}$$

Aplicando factor de corrección por ternos de cables unipolares, en contacto entre sí y con pared, tendido sobre bandejas continuas o perforadas: $885 \text{ A} \times 0,84 = 743,4 \text{ A}$

$$2 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2 \text{ Cu} - 743,4 \text{ A} \times 2 = 1.486,8 \text{ A} > 1.333 \text{ A}$$

Por el lado de corriente alterna, el equipo se conectará directamente a bornas de las tres fases de uno de los secundarios del transformador correspondiente. La línea de conexión será de sección 2x1x300 mm² Cu aislamiento XLPE 1,8/3 kV.

$$I_{c.a.} = 2.000 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 1.225) = 943,73 \text{ A}$$

$$I_{adm} \text{ cable } 300 \text{ mm}^2 \text{ Cu aislamiento XLPE } 1,8/3 \text{ kV} = 600 \text{ A}$$

Aplicando factor de corrección por ternos de cables unipolares, en contacto entre sí y con pared, tendido sobre bandejas continuas o perforadas: $600 \text{ A} \times 0,84 = 504 \text{ A}$

$$2 \times 1 \times 300 \text{ mm}^2 \text{ Cu} - 504 \text{ A} \times 2 = 1.008 \text{ A} > 943,73 \text{ A}$$

Cabina de Alta Tensión

Se dispondrá de una cabina modular aislada bajo envolvente metálica de chapa de acero galvanizada en el interior de la cual se ubicará un interruptor automático tripolar de aislamiento mínimo 3,6 kV, 1.250 A de intensidad nominal y 25 kA de poder de corte para garantizar la integridad del sistema ante un fallo de alta tensión de corriente alterna.

$$I_{cc \text{ max}} = P_n / (\sqrt{3} \times \epsilon_{cc} \times U) = 3.300 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 0,08 \times 1.225) = 19,4 \text{ kA}$$

El interruptor automático conectará el primario del transformador elevador con el secundario del transformador del grupo rectificador del CTR.

Dependiendo en el estado en el que se encuentre el CTR, local o distancia, los elementos de la cabina se podrán maniobrar desde el Puesto de Mando o desde los mandos "giro-empuje" montados en la propia cabina.

Deberán contemplarse enclavamientos de maniobra y seguridad integrados en el control actual del CTR.

Transformador elevador e inductancias

El transformador elevador de aislamiento seco y las inductancias adicionales necesarias para adaptar el nivel de tensión en la conexión al transformador del rectificador se instalarán en el interior de una celda de obra específica dedicada a tal fin.

Se deberá contemplar tramex de las dimensiones y perfiles adecuados, para evitar los riesgos de caídas al foso actual del recinto.

En las puertas de las celdas de los transformadores, por su parte exterior, se ubicarán placas de características del transformador adicionales a las placas internas.

Se observarán de forma precisa las distancias de seguridad según normativa en vigor y recomendaciones del fabricante.

Se consideran incluidos en el alcance todos los trabajos auxiliares de obra civil necesarios para la correcta instalación y desplazamiento de los transformadores.

Tanto el transformador como las inductancias irán montados sobre tacos antivibratorios que sirvan de apoyo entre los equipos y el suelo o perfil de apoyo.

En la puerta del cerramiento se incorporará cerradura electromagnética de seguridad, con los enclavamientos correspondientes. Se deberá de contemplar dicha instalación y adaptación. Igualmente será necesario contemplar las modificaciones necesarias del cableado de control de los grupos rectificadores con miras a establecer las condiciones de seguridad que se deberán de cumplir a la hora de acceder a dichas celdas, que serán especificadas por la Dirección Facultativa.

Podrán admitirse otras ubicaciones para el transformador o inductancias indicadas (por ejemplo: en interior de celdas metálicas). En este caso el fabricante deberá aportar los certificados y ensayos que demuestren la validez y viabilidad de esta solución alternativa. En cualquier caso, antes de su ejecución la solución deberá ser aprobada expresamente por el Director de Obra.

Convertidor de potencia

El convertidor de potencia estará formado por puentes de tiristores o de transistores IGBT montados bajo envoltorio metálica de chapa de acero galvanizada.

El fabricante de los equipos deberá justificar mediante criterios técnicos, económicos y de mantenimiento la elección de una solución u otra.

El nivel de ruido generado por todo el sistema no deberá exceder 85dB medido a 1 metro de distancia.

Otras características:

- Adecuada calidad de onda en la energía inyectada en la red AC ($TDD \leq 5\%$, según la recomendación del standard IEEE-519-2014 - IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems).
- Control de la energía reactiva que se inyecta a la red, minimizando las pérdidas.
- El sistema contará con un algoritmo dinámico para fijar el umbral de tensión de funcionamiento, de cara a optimizar la recuperación de la energía. El equipo de recuperación debe de ser capaz de ajustar sus parámetros de funcionamiento a las situaciones cambiantes de la red a la que está conectado, de modo que sea capaz de maximizar el ahorro generado en todas las circunstancias.
- Refrigeración: Los equipos deberán contemplar ventilación forzada.

Cabina de corriente continua

Será de construcción modular. Se acoplará a los módulos del convertidor de potencia y a la cabina de Alta Tensión eléctrica y mecánicamente formando un único bloque montado sobre bancada aislante.

Incorporará un interruptor extrarrápido de c.c., para la conexión del convertidor de potencia con las barras de corriente continua del rectificador. Sus características principales serán:

- Tensión nominal: 1.500 Vc.c.
- Intensidad nominal: 1.500 A

Control y comunicaciones

El equipo de recuperación de energía quedará integrado plenamente en el sistema de control distribuido del CTR formado por PLC. Se deberán integrar todos los enclavamientos de maniobra y seguridad necesarios para el buen funcionamiento del equipo.

De igual modo, se deberán integrar en el Puesto de Mando de Telemando de Energía todas las señales, órdenes y medidas analógicas necesarias.

Adicionalmente, deberá incluirse un acceso remoto vía Ethernet para visualización de eventos, parámetros, mediciones, etc. y sin posibilidad de maniobra

El listado de señales, órdenes y medidas será el definido por el Director de Obra.

Medida. Calidad de la energía regenerada

El equipo de recuperación incorporará los elementos necesarios para facilitar la medida de la energía regenerada.

La calidad de onda de la energía regenerada deberá cumplir con lo establecido en la norma UNE-EN 50160 Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución y con lo exigido por las compañías suministradoras de la zona.

Adicionalmente, se deberá garantizar que la tasa de distorsión armónica total de la tensión regenerada no sobrepasará el 5%.

Protecciones eléctricas

El equipo deberá incorporar como mínimo las siguientes protecciones basadas en medida de tensión e intensidad:

- Sobretensión tanto en el lado de corriente continua como en el de Alta Tensión. Para la detección de la sobretensión de Alta Tensión será necesario incorporar tres transformadores de tensión en el carro del interruptor de la cabina de Alta del grupo rectificador correspondiente. Tanto el suministro de los transformadores como el montaje correrán por cuenta del adjudicatario.
- Sobreintensidad tanto en el lado de corriente continua como en el de corriente alterna.
- Protecciones de alta y baja frecuencia.
- Protección de puesta a masa. El equipo será montado sobre placas aislantes de material no higroscópico y que soporten una tensión de 1.500 V, de forma que quede aislado de su bancada y puesto a tierra a través de cable aislado de cobre con sección de $1 \times 50 \text{ mm}^2 / 1 \text{ kV}$, realizándose ésta de forma conducida y controlada por el equipo a través de un shunt o toroidal situado en un nuevo armario de fallos a estructuras a instalar.
- Protecciones de temperatura. Se incorporará un sistema de vigilancia y monitorización de la temperatura de los principales componentes del equipo, disponiendo de niveles ajustables de alarma y disparo.
- Protección de retorno por si en caso de defecto del equipo, hubiese circulación de intensidad en modo inverso.

- Se incluirán además todas las protecciones exigidas por normativa interna de las compañías eléctricas suministradoras vigentes en el momento de la puesta en servicio, incluyendo todos los elementos adicionales requeridos (TI, TT, etc.).

Puesta a tierra

Los nuevos equipos a instalar deberán conectarse a la red de tierras existente en el Centro de Tracción mediante cable aislado de sección mínima 150 mm² Cu.

Adecuación y ampliación de la instalación de detección de incendios VESDA existente

Se realizará la adecuación y ampliación necesaria de la instalación de detección de incendios existente para proteger los nuevos equipos a instalar.

Los CTR cuentan actualmente con un detector de aspiración de alta sensibilidad VLP (Vesda Laser Plus).

Los trabajos a realizar consisten en:

- Prolongar la tubería existente hasta la futura ubicación de los nuevos equipos.
- Dotar de un punto de prueba al final de la tubería para facilitar las tareas de mantenimiento.
- Los cálculos hidráulicos realizados deben ser conforme al programa Aspire 2 de Vesda y deberán adjuntarse tanto en la oferta técnica como en la documentación final de obra.
- Pruebas del sistema según la norma British Estandar 6266, apéndice A3-A4 (se deberán adjuntar como documentación final de obra).
- Según se indica en los artículos 10 y 11 del RIPCI, la empresa que ejecute la reforma debe estar autorizada y registrada como Instaladora de Sistemas y Equipos de Protección Contra Incendios de la Comunidad de Madrid. Además, el personal técnico que realice la instalación deberá estar formado por el fabricante de Vesda (se deberá adjuntar acreditación tanto en la oferta técnica como en la documentación final de obra).

Para poder llevar a cabo lo puntos expuestos en dicha partida se estiman necesarios 30 m de tubería rígida de plástico ABS, de baja emisión de humos, libre de halógenos, no emisor de gases tóxicos y auto-extinguible, de diámetro exterior de 25 mm y 2 mm de espesor y accesorios.

6.2.1. Actuaciones de obra civil

Tanto el convertidor de potencia, como el transformador elevador y las celdas de Alta y corriente continua se instalarán en la sala principal del Centro de Tracción. Para el paso de líneas de potencia y cableado de control a la planta de cables se realizarán los registros que resulten necesarios en la losa del Centro de Tracción.

En el caso del CTR Hospital de Móstoles es necesario realizar un cubículo para ubicar el transformador elevador. Se realizará en espacio disponible a continuación de los actuales cubículos de los transformadores de potencia del CTR. Será necesario dotarle de cerradura electromecánica y pulsador para realizar los correspondientes enclavamientos de acceso.

6.2.2. Pruebas y ensayos

Antes de la Puesta en Servicio de los equipos de recuperación de energía, será imprescindible realizar las pruebas y ensayos necesarios para confirmar el buen funcionamiento de todos los equipos.

Entre las pruebas y ensayos a realizar estarán, al menos:

- Verificación y ensayos de aislamiento realizados por Organismo de Control.
- Pruebas de funcionamiento de equipos de medida y relés de protección.
- Pruebas de enclavamientos de maniobra y seguridad en local y telemando.

6.2.3. Legalización y trámites requeridos.

Se encuentran dentro del alcance de la presente licitación la tramitación administrativa correspondiente al Proyecto Técnico de Legalización por ampliación de la instalación de Alta Tensión existente, así como la totalidad de los trámites requeridos con las compañías suministradoras de forma previa y posterior a la instalación de los equipos.

6.3 PLAN DE VERIFICACIÓN DE AHORROS OBTENIDOS

El adjudicatario elaborará un plan de mediciones periódicas que permitan verificar el ahorro generado por los equipos de recuperación instalados. El contenido de los informes derivados será consensuado de manera conjunta con Metro de Madrid. Tras la recepción, el adjudicatario deberá realizar el seguimiento durante 12 meses del ahorro conseguido, emitiendo informes periódicos.

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

La fabricación y la utilización de los equipos serán tendentes a respetar el medio ambiente.

En el posible impacto medioambiental, no sólo se tendrá en cuenta la explotación y mantenimiento de los equipos, sino también su diseño, fabricación, selección y manipulaciones de materiales. En consecuencia, la influencia del medio ambiente ha de ser considerada desde el origen de los trabajos, y toda solución técnica o estética ha de estar presidida por un riguroso análisis de las posibles influencias en aquél.

Aspectos a tener en cuenta en el ciclo de vida serán:

- Que los materiales utilizados sean separables, identificables y potencialmente reciclables. Se evitará, en la medida de lo posible, la utilización de sustancias, materiales o derivados de reconocida escasez o difícil reposición en la naturaleza.
- En caso de que proceda, se proyectará la instalación de luminarias de bajo consumo.
- Siempre que sea viable, se presentará la alternativa de diseño que genere menos emisiones, ruidos, vibraciones y/o radiaciones electromagnéticas.
- Se proyectarán las instalaciones y metodologías necesarias para la correcta gestión de los residuos que se vayan a generar, teniendo en cuenta los criterios del Sistema de Gestión Ambiental de Metro de Madrid.
- Se tendrá en cuenta el impacto visual negativo que pudiera tener la instalación/obra, tomándose las medidas necesarias para disminuirlo.
- Se tendrá en cuenta que el horario de trabajo minimice las molestias que se pudieran ocasionar por ruido emitido al exterior.

Se proyectarán las medidas oportunas para evitar cualquier vertido de sustancias peligrosas.

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

- Que la fuente de energía sea renovable.
- Que la fuente de energía sea gas natural, hidrógeno o electricidad.
- Que el equipo no genere emisiones de gases contaminantes por combustión a causa de su diseño.
- Que el equipo no genere radiaciones electromagnéticas significativas por causa de su diseño.
- Que el equipo no genere ruidos ni vibraciones significativas por causa de su diseño.
- El consumo de agua que requerirá el equipo una vez inicie su actividad.

6.4.1 Condiciones exigidas en materia de Gestión de Residuos

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

El Contratista está obligado a restituir a su estado original, sin que proceda abono por dicho concepto, todas las áreas utilizadas como acopios. Si por necesidades de obra parte del material existente en un acopio fuera considerado excedente, el Contratista se hará cargo del mismo, según lo prescriba la Dirección Facultativa, sin que haya lugar a un abono independiente por este concepto.

7. PLANIFICACIÓN

El plazo de ejecución de las obras que se especifican en este Pliego será de **VEINTICUATRO (24) MESES** desde la firma del acta de replanteo: doce (12) meses para la instalación y puesta en servicio y doce (12) meses para ajustes y seguimiento de resultados.

En los primeros doce meses se deberá realizar la totalidad de los trabajos relativos al suministro, instalación, integración y puesta en servicio de los equipos. En la oferta se indicará un plan de obra detallado, incluyendo todas las etapas de instalación, pruebas y puesta en servicio, especificando detalladamente el método de montaje y los tiempos dedicados para cada una de las fases.

7.1 HORARIOS Y LIMITACIONES EN LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

Todas las actuaciones se planificarán de manera que su ejecución no afecte al servicio prestado por Metro de Madrid, realizando los trabajos en las franjas horarias que especifique el director de los trabajos de Metro de Madrid.

Aquellos trabajos que afecten al servicio prestado en cualquier punto de la red, deberán realizarse en horario nocturno, fuera de servicio (2:30 a 5:00) y con cortes de tracción programados que deberán ser solicitados con antelación suficiente.

8. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES

8.1 NORMAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los materiales que se utilicen en la obra deberán cumplir las prescripciones que se establecen en este Pliego y ser aprobados por la Dirección Facultativa, o las personas en que delegue, quien determinará la forma y condiciones en que deban ser examinados antes de su empleo, sin que puedan ser utilizados antes de haber sufrido, a plena satisfacción de la Dirección Facultativa, el examen correspondiente.

Las obras e instalaciones que se proyecten, básicamente consistirán en lo siguiente:

- Trabajos de replanteo, acopio y transporte en general.
- Desmontaje, protección y montaje de equipos.
- Suministro de todos y cada uno de los materiales y equipos de la instalación.
- Pruebas y puesta en servicio de todos los sistemas.
- Documentación completa de la instalación y equipos.
- Monitorización y ajustes
- Garantía.

8.2 NORMAS DE METRO DE MADRID PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

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

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

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

8.3 RECEPCIÓN

La recepción de la obra se registrará por lo establecido en el pliego de condiciones particulares de la licitación.

8.4 PLAN DE CALIDAD

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

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

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

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

programas y auditorías para constatar el cumplimiento y trazabilidad de los procesos de trabajo.

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

8.5 DOCUMENTACIÓN FINAL

La documentación final deberá disponer de la calidad suficiente para, a juicio de la Dirección Facultativa, asegurar la operación y mantenimiento de todos los elementos de las instalaciones objeto del presente pliego. Se suministrará en soporte informático y en papel, en castellano y contendrá al menos la memoria explicativa de lo realmente ejecutado, las modificaciones efectuadas con respecto al pliego, planos, mediciones, presupuestos, esquemas, descripciones del funcionamiento de los equipos, especificación de los componentes, normas de uso y mantenimiento, etc.

8.5.1 Propiedad de la documentación

La documentación final quedará en propiedad de la Dirección Facultativa, que podrá utilizarla en la forma que estime conveniente, siempre y cuando sea únicamente en su provecho y no para terceros.

8.5.2 Soporte informático de la documentación

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

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

En el caso de que el Adjudicatario no pudiera enviar la documentación en alguno de los formatos establecidos, la Dirección Facultativa estudiará la posibilidad del envío de otro tipo de formato, a propuesta del adjudicatario y siendo necesaria la aprobación expresa de la Dirección Facultativa

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

9. GARANTÍA

9.1 OBJETO

La garantía es la obligación de la Empresa Adjudicataria de corregir defectos de las instalaciones objeto del presente pliego durante un periodo determinado, y será aplicada sobre la totalidad de las mismas, independientemente de que sean de la propia fabricación del Adjudicatario, o bien, subcontratadas a terceros por el mismo.

9.2 PLAZO

El plazo de la garantía será de 2 (DOS) Años, y comenzará a contar desde que se haga efectiva la Recepción de las instalaciones.

10. RESUMEN DE PRESUPUESTOS

A continuación se muestra una tabla con el resumen de precios de las distintas partidas del proyecto. Los precios unitarios para cada partida incluidos en la oferta económica no podrán superar los indicados en dicha tabla.

1	Celda reversible CTR Barrio del Puerto	384.165,00 €
1.1	Suministro e instalación de equipop recuperador según especificaciones del presente pliego	325.000,00 €
1.2	Modificación del control actual del CTR e integración en telemando	27.630,00 €
1.3	Pruebas de puesta en servicio y ensayos	18.250,00 €
1.4	Actuaciones auxiliares de obra civil y adecuación de la instalación del PCI en el CTR	8.700,00 €
1.5	Legalización de la instalación y trámites con Compañías Suministradoras	4.585,00 €
2	Celda reversible CTR La Moraleja	384.165,00 €
2.1	Suministro e instalación de equipop recuperador según especificaciones del presente pliego	325.000,00 €
2.2	Modificación del control actual del CTR e integración en telemando	27.630,00 €
2.3	Pruebas de puesta en servicio y ensayos	18.250,00 €
2.4	Actuaciones auxiliares de obra civil y adecuación de la instalación del PCI en el CTR	8.700,00 €
2.5	Legalización de la instalación y trámites con Compañías Suministradoras	4.585,00 €
3	Celda reversible CTR La Peseta	384.165,00 €
3.1	Suministro e instalación de equipop recuperador según especificaciones del presente pliego	325.000,00 €
3.2	Modificación del control actual del CTR e integración en telemando	27.630,00 €
3.3	Pruebas de puesta en servicio y ensayos	18.250,00 €
3.4	Actuaciones auxiliares de obra civil y adecuación de la instalación del PCI en el CTR	8.700,00 €
3.5	Legalización de la instalación y trámites con Compañías Suministradoras	4.585,00 €
4	Celda reversible CTR Hospital de Móstoles	390.745,00 €
4.1	Suministro e instalación de equipop recuperador según especificaciones del presente pliego	325.000,00 €
4.2	Modificación del control actual del CTR e integración en telemando	27.630,00 €
4.3	Pruebas de puesta en servicio y ensayos	18.250,00 €
4.4	Actuaciones auxiliares de obra civil y adecuación de la instalación del PCI en el CTR	15.280,00 €
4.5	Legalización de la instalación y trámites con Compañías Suministradoras	4.585,00 €
5	Documentación, formación y ajustes	23.220,00 €
5.1	Entrega de documentación	7.540,00 €
5.2	Plan de formación	4.280,00 €
5.3	Ajustes de optimización de funcionamiento y seguimietno periódico de los resutlados obtenidos durante doce meses	11.400,00 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		1.566.460,00 €
Gastos generales de la empresa (13%)		203.639,80 €
Beneficio industrial (6%)		93.987,60 €
PRESUPUESTO MÁXIMO DE LICITACIÓN (SIN IVA)		1.864.087,40 €

Madrid, agosto de 2017

DIRECTOR DEL PROYECTO



Dionisio Izquierdo Bravo

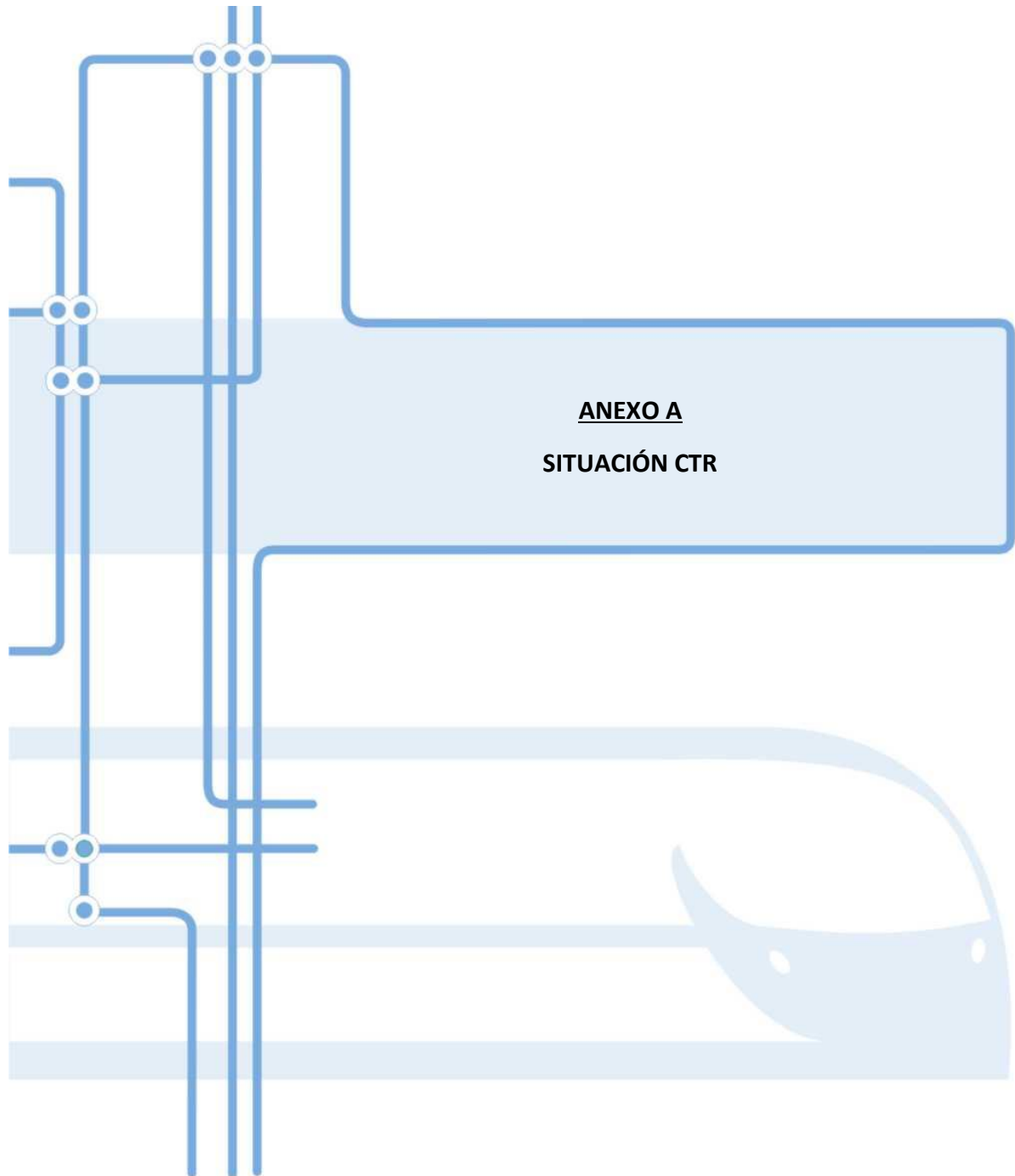
AUTORES DEL PROYECTO



Laura Carmen Simón Vena



Jorge Quintana Fernández



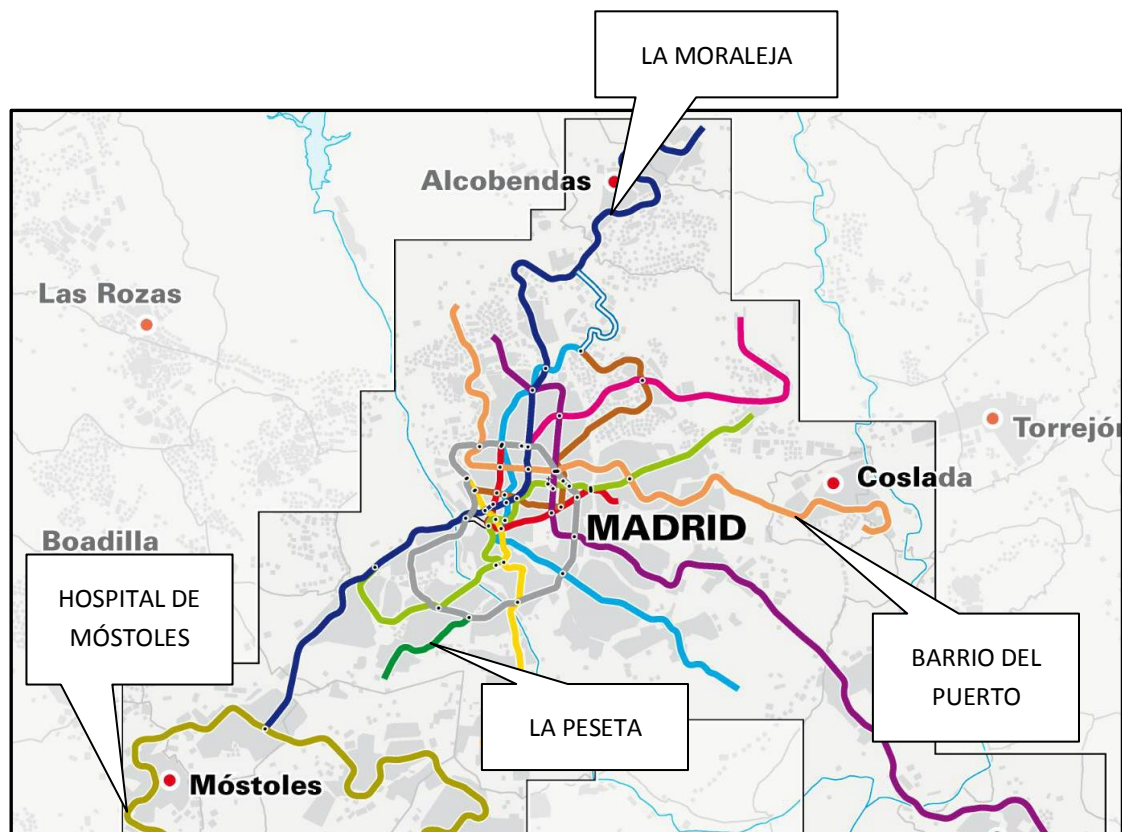
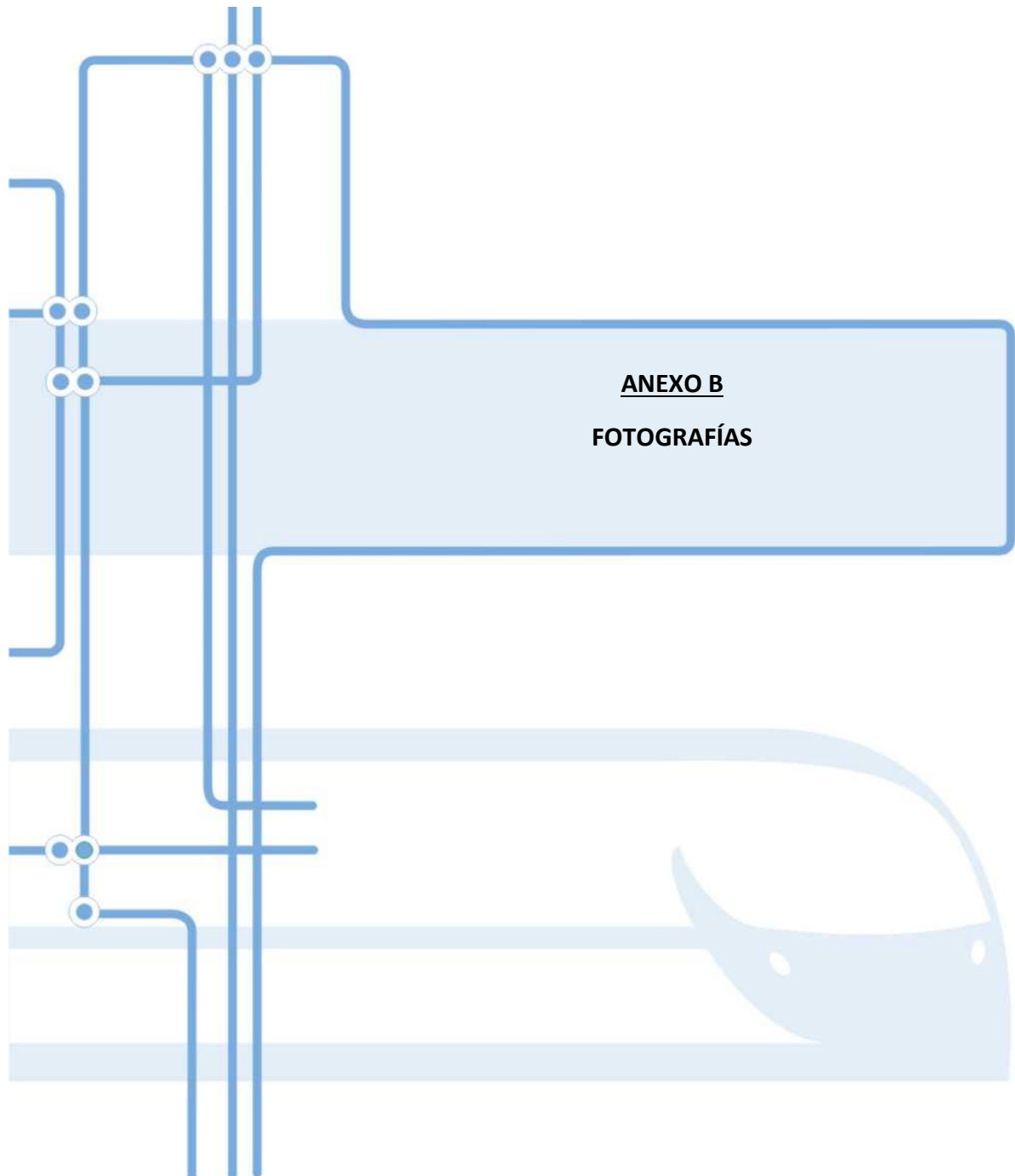


Imagen 1: Plano sobre la red de Metro de Madrid



CTR La Peseta



Figura 1: Vista general de la planta de equipos del CTR de la Peseta



Figura 2: Celdas de corriente alterna del CTR de la Peseta

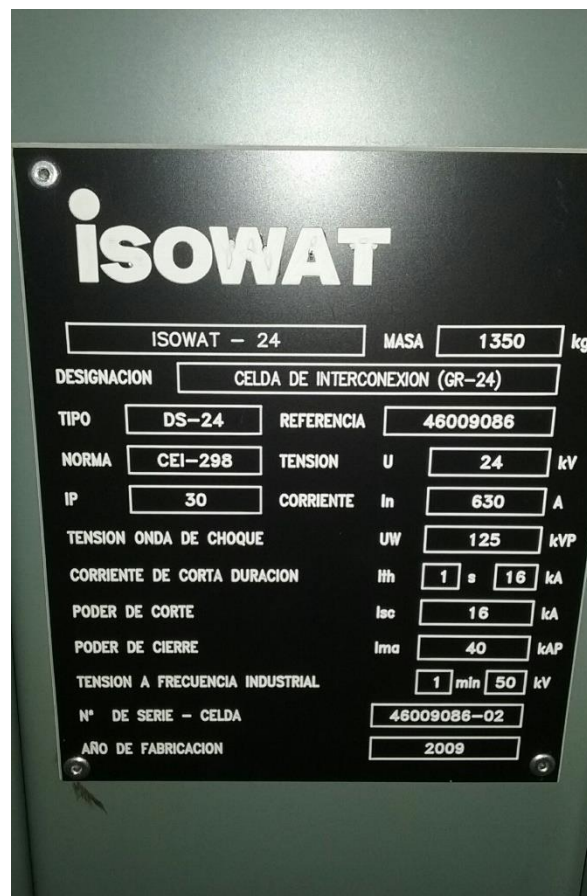


Figura 3: Placa de características de las celdas de corriente alterna del CTR de la Peseta

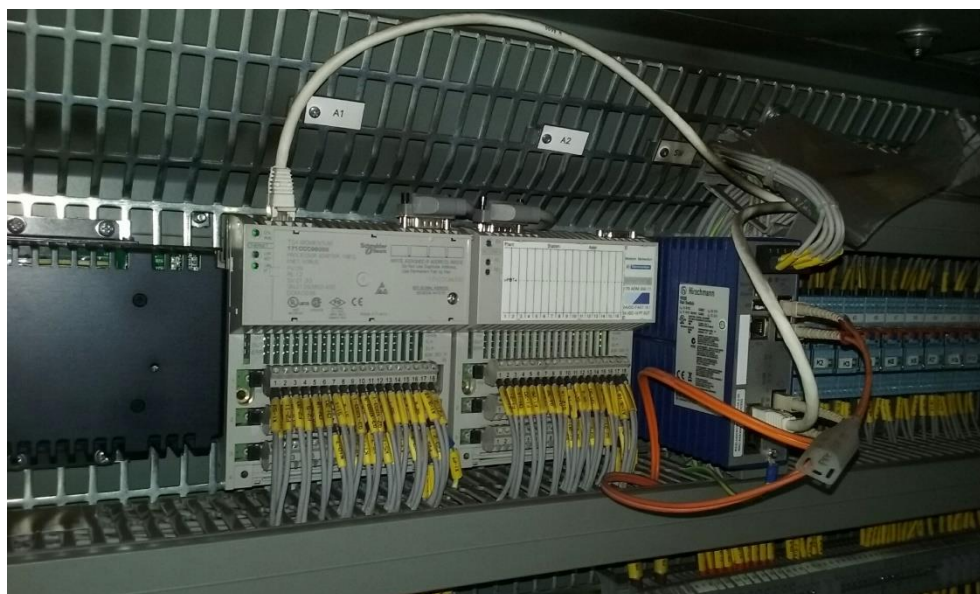


Figura 4: Control del CTR de la Peseta



Figura 5: Placa de características de los transformadores del CTR de la Peseta



Figura 6: Celdas de corriente continua del CTR de la Peseta



Figura 7: Placa de características del rectificador del CTR de la Peseta



Figura 8: Recinto de transformadores del CTR de la Peseta

CTR La Moraleja



Figura 9: Placa de características de las celdas de corriente alterna del CTR de la Moraleja



Figura 10: Vista general de la planta de equipos del CTR de la Moraleja



Figura 11: Sistema contraincendios del CTR de la Moraleja

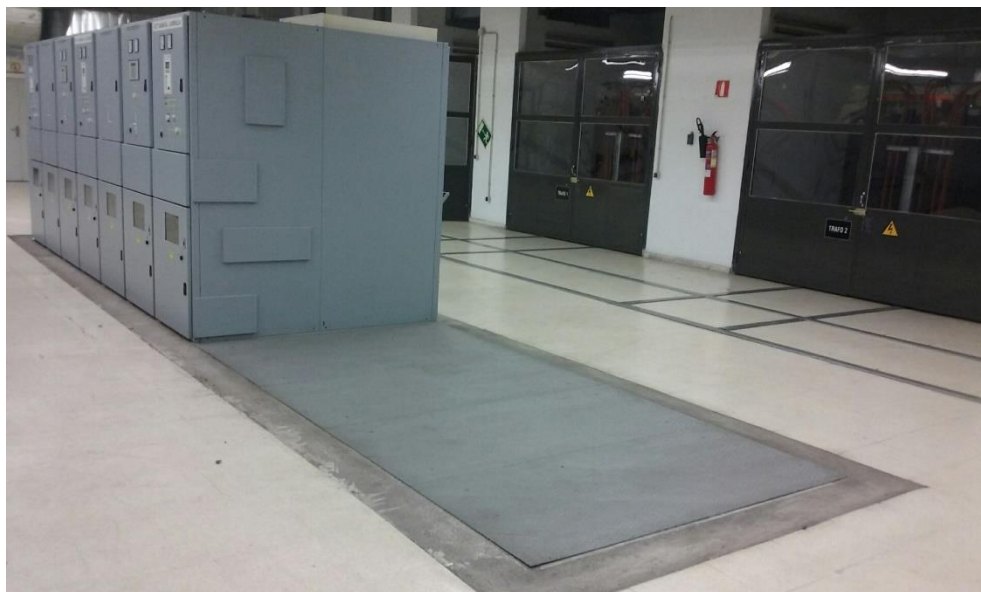


Figura 12: Celdas de corriente continua del CTR de la Moraleja

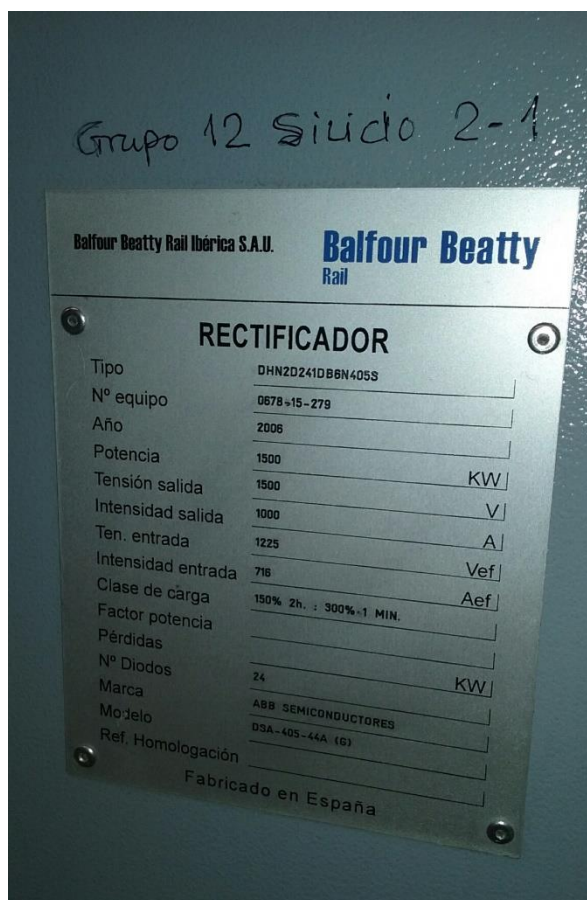


Figura 13: Placa de características del rectificador del CTR de la Moraleja



Figura 14: Recinto de transformadores del CTR de la Moraleja



Figura 15: Placa de características de los transformadores del CTR de la Moraleja

CTR Barrio del Puerto



Figura 16: Celdas de corriente continua del CTR del Barrio del Puerto



Figura 17: Placa de características de las celdas de corriente alterna del CTR del Barrio del Puerto



Figura 18: Espacio contiguo a las celdas de corriente continua del CTR del Barrio del Puerto

ABE		
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SECO - 50Hz - REFRIGERACIÓN NATURAL.		
Nº FABRICACIÓN: 1ES94754		NORMA UNE-EN 50329
DT	3300/17,5	ALTA TENSION
Nº FABRICACIÓN	2007	Ptos.
POTENCIA (kVA)	3300	TENSION (V)
TEMPERATURA CO. 125°C (°C)	6,02	INTENSIDAD (A)
POTENCIA AGREGADA (kVA)	< 80	3-4
CALENTAMIENTO MEDIO AT/BT (°C)	80 / 80	4-5
CLASE TERMICA AT/BT	F / F	5-6
MATERIAL AT/BT	AL / AL	6-7
SÍMBOLO ADOPTAMIENTO AT/BT	D/1140	7-8
MASA TOTAL (kg)	8380	BAJA TENSION
CLASE AL FUEGO	F1	TENSION (V)
CLASE CLIMATICA	G2	INTENSIDAD (A)
CLASE AMBIENTAL	E2	2U,2V,2W
CLASE SERVICIO	VI	3U,3V,3W
CLASE DE PROTECCION	IP00	
DURACION MAXIMA CO. (h)	3	
CORRIENTE VACIO (A)	0,4	
EXTRAORDINARIO DE CONEXION	1467 A / 0,6 seg	
CON MAX./NIVEL AISLAMIENTO	AT (17,5kV) 1805 FOM/BT (3,6kV) 810 F1	

Figura 19: Placa de características de los transformadores del CTR del Barrio del Puerto

CTR Hospital de Móstoles



Figura 20: Vista general de la planta de equipos del CTR de Hospital de Móstoles

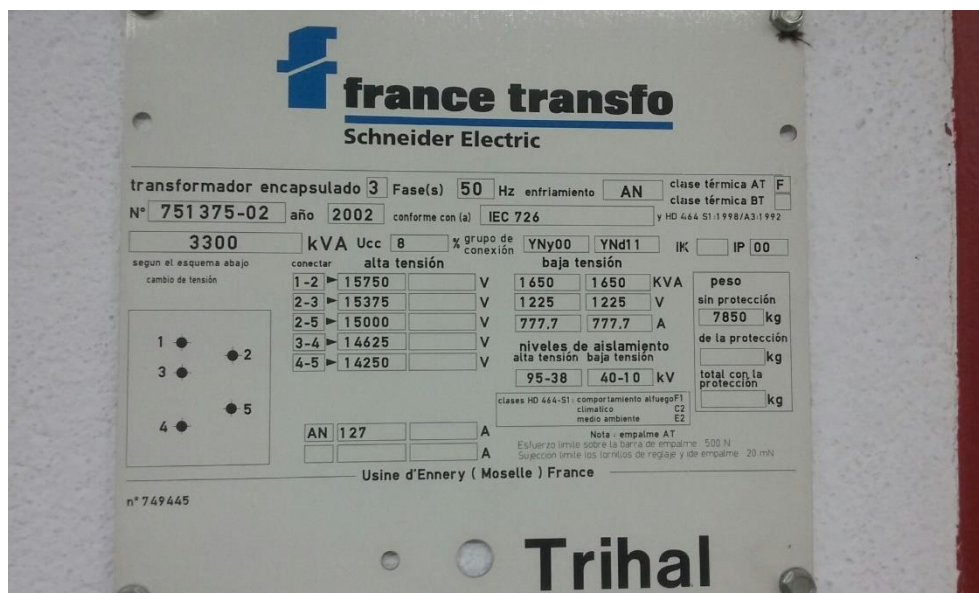


Figura 21: Placa de características de los transformadores del CTR de Hospital de Móstoles



Figura 22: Placa de características de las celdas de corriente alterna del CTR de Hospital de Móstoles



Figura 23: Control del CTR de Hospital de Móstoles



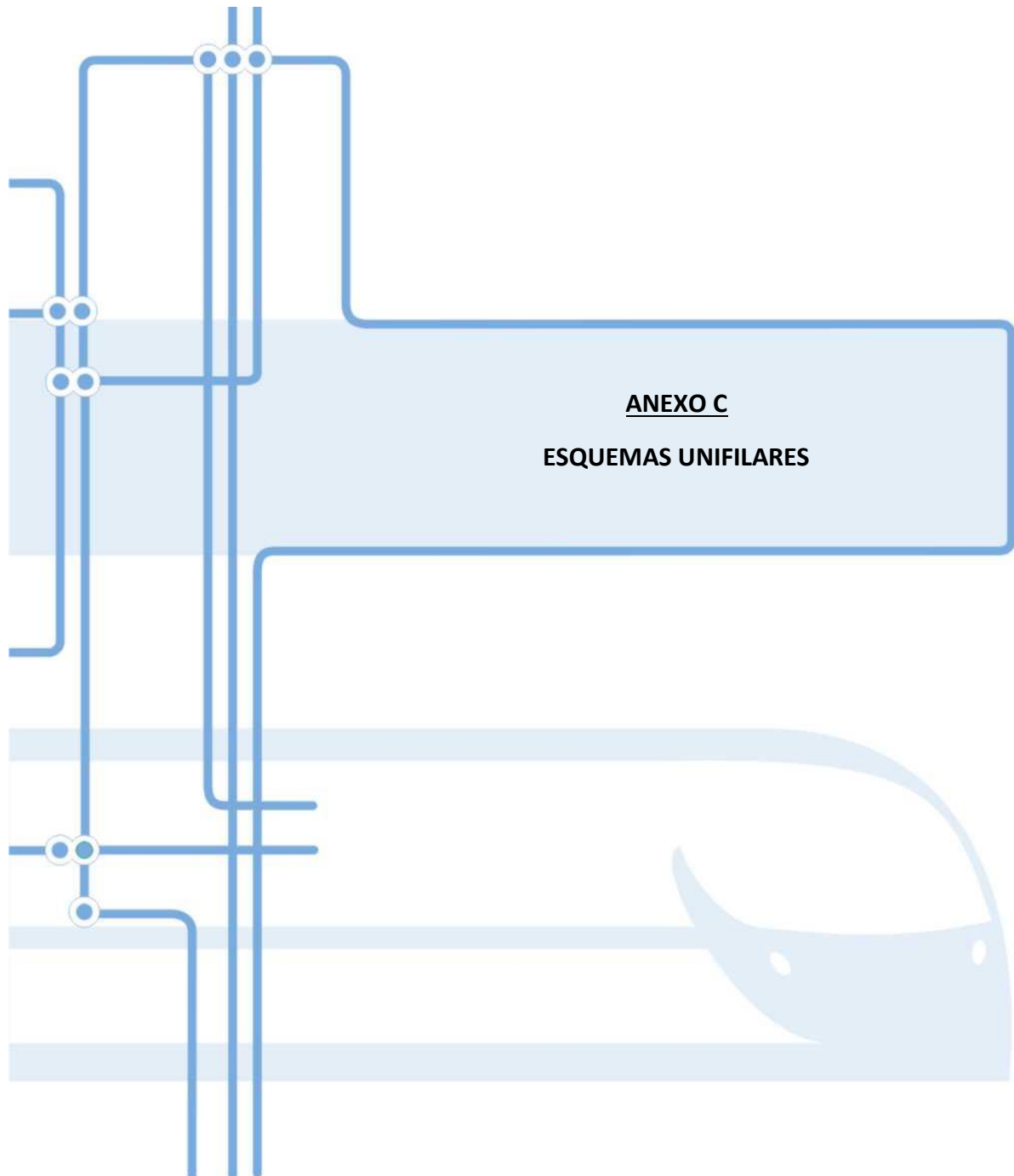
Figura 24: Celdas de corriente continua del CTR de Hospital de Móstoles



Figura 25: Recinto de transformadores del CTR de Hospital de Móstoles



Figura 26: Espacio contiguo a las celdas de corriente continua del CTR de Hospital de Móstoles





CTR LA PESETA

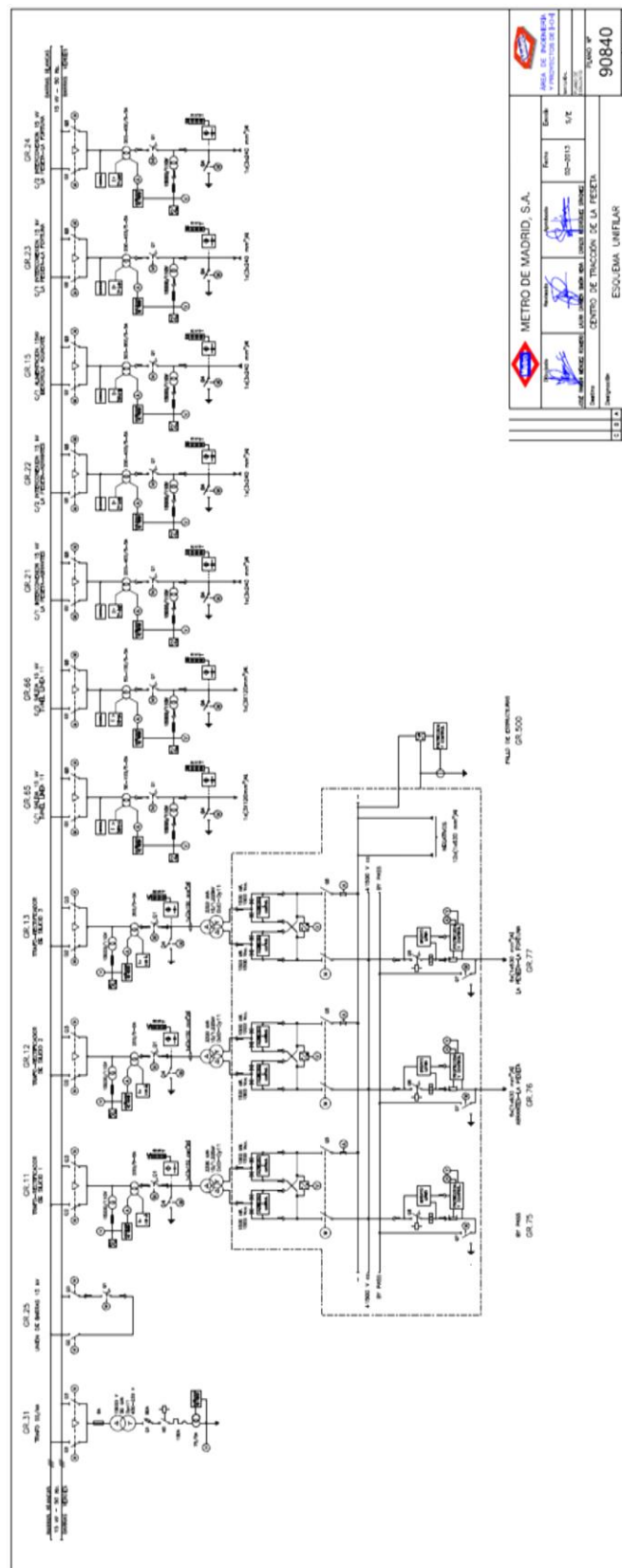


Figura 27: Esquema unifilar del CTR de Hospital de La Peseta

CTR LA MORALEJA

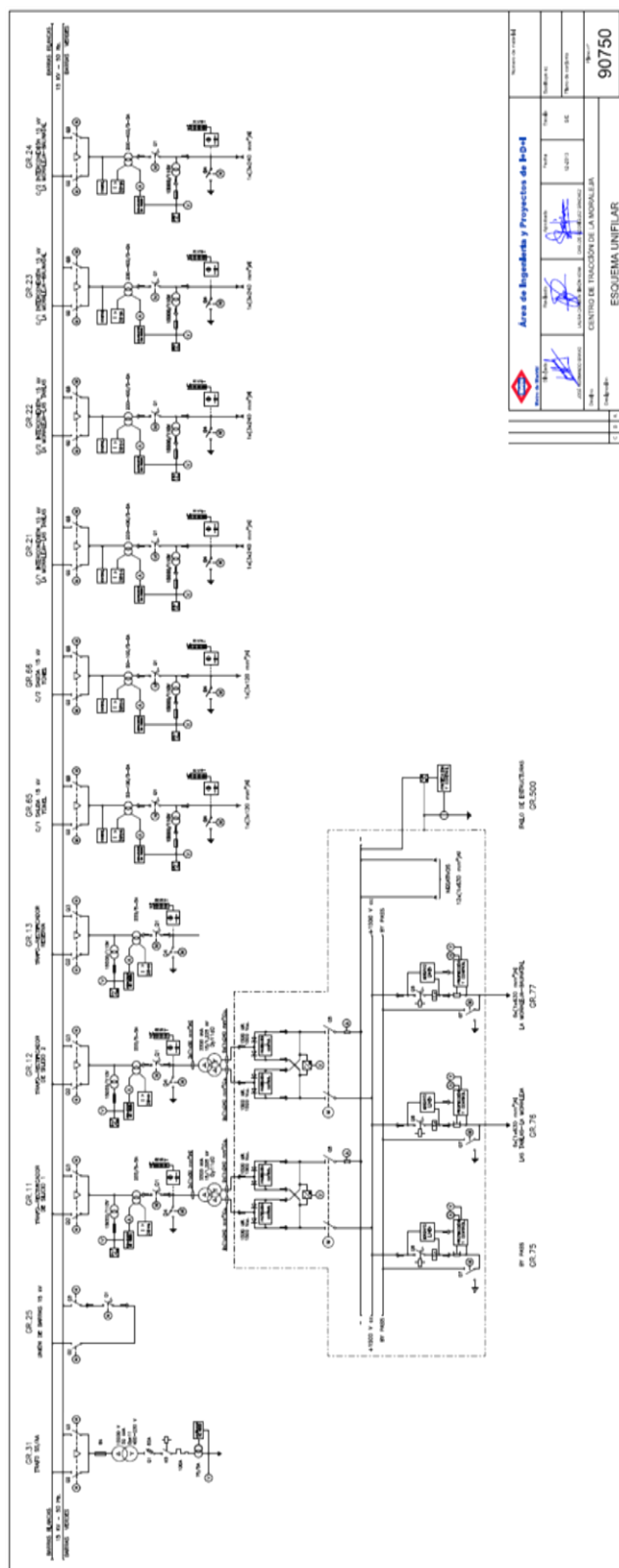


Figura 28 Esquema unifilar del CTR de Hospital de La Moraleja

CTR BARRIO DEL PUERTO

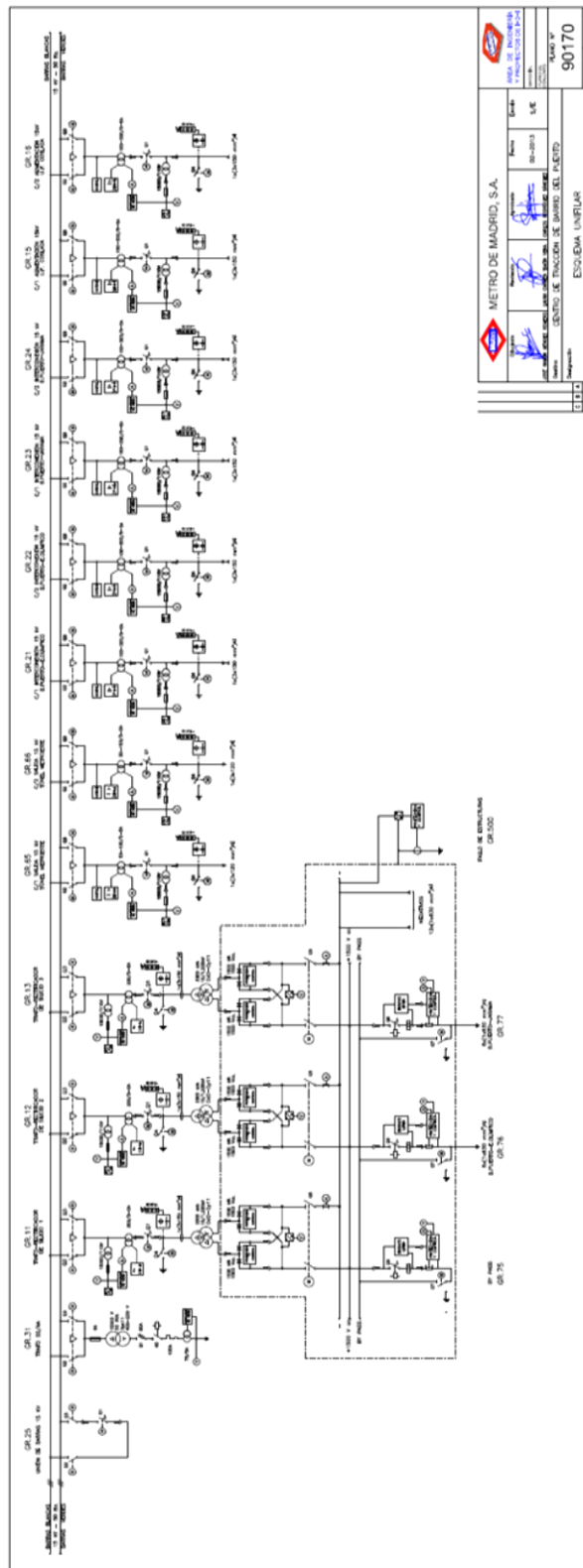


Figura 29 Esquema unifilar del CTR del Barrio del Puerto

CTR HOSPITAL DE MÓSTOLES

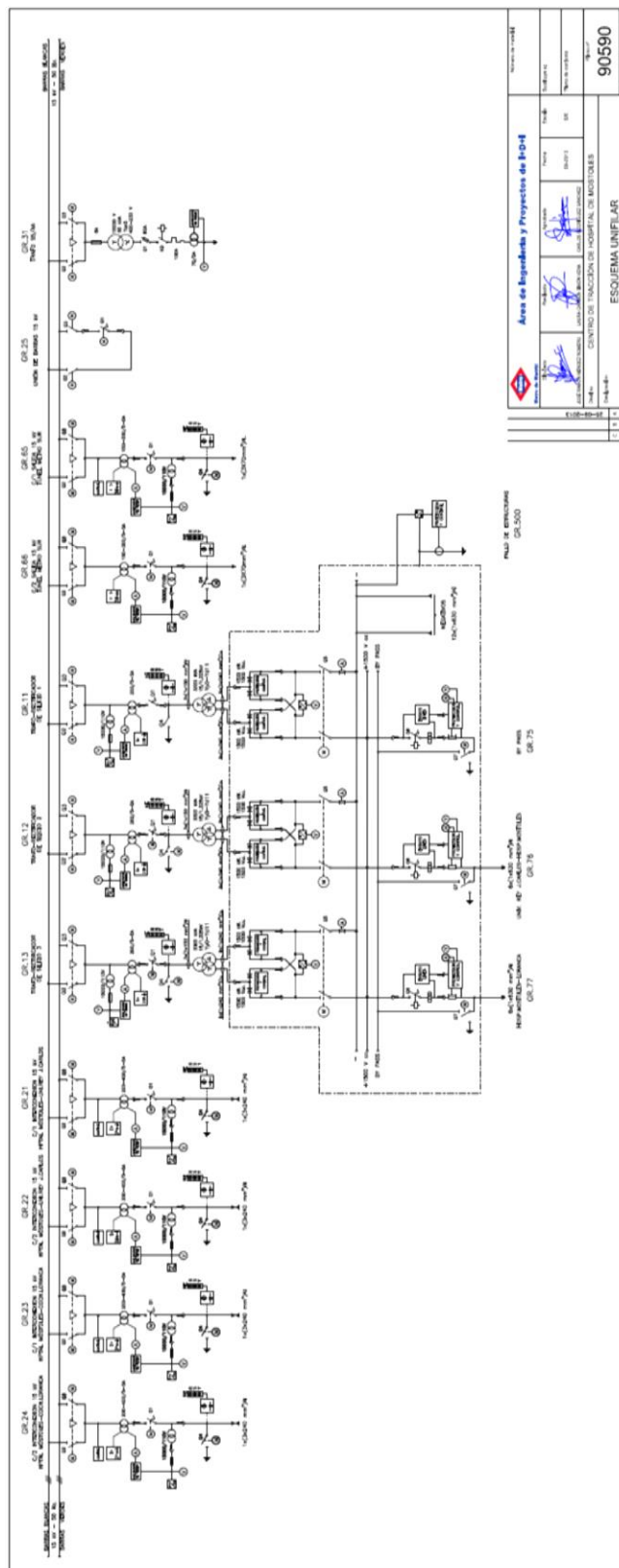


Figura 30 Esquema unifilar del CTR del Barrio de Hospital de Móstoles