



PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE LAS OBRAS DEL NUEVO LABORATORIO DE RAYOS X

MEMORIA

EDIFICIO IMDEA MATERIALES

CALLE ERIC KANDEL 2, TECNOGETAFE, GETAFE -MADRID

ARQUITECTO: JUAN MANUEL ECHEVARRIA PEREZ

SEPTIEMBRE 2026

ÍNDICE

1. ARQUITECTURA

- 1.1. OBJETO DEL PROYECTO
- 1.2. ANTECEDENTES
- 1.3. DESCRIPCION DEL PROYECTO
- 1.4. DESCRIPCION FORMAL Y FUNCIONAL DE LA ACTUACION
- 1.5. CUMPLIMIENTO DEL CTE

2. ESTRUCTURAS

- 2.1. OBJETO DE LA MEMORIA.
- 2.2. ANTECEDENTES Y DOCUMENTACION DE PARTIDA
- 2.3. DESCRIPCION DEL FORJADO EXISTENTE
- 2.4. EQUIPOS PREVISTOS Y CARGAS CONSIDERADAS
- 2.5. ANALISIS DE LA SITUACION SIN REFUERZO
- 2.6. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA SITUACION PROPUESTA
- 2.7. DESCRIPCION DE LA SOLUCION ESTRUCTURAL PROPUESTA
- 2.8. MEDICION Y PESO DE LA ESTRUCTURA METALICA
- 2.9. COMPROBACION GLOBAL DE LAS CARGAS
- 2.10. COMPROBACION DEL SISTEMA DE REPARTO
- 2.11. PREVENCION DE CARGAS PUNTUALES DIRECTAS SOBRE CASETONES O ZONAS DEBILES
- 2.12. COMPROBACION CONCEPTUAL DE CARGA LINEAL SOBRE PERFILES PRINCIPALES.
- 2.13. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE EJECUCION.
- 2.14. CONTROL Y VERIFICACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

3. INSTALACIONES

- 3.1. INSTALACION DE AUIRE COMPRIMIDO
- 3.2. INSTALACION DE CLIMATIZACION Y VENTILACION
- 3.3. INSTALACION DE ELECTRICIDAD
- 3.4. INSTALACION DE RED

1 ARQUITECTURA

1.1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto de este encargo es la redacción de un **Proyecto Básico y Ejecución de las obras de reforma, para la instalación del Nuevo Laboratorio de Rayos X, en el Edificio del Instituto Imdea Materiales**, situado en la C/ Eric Kandel ,2 en el parque tecnológico TECNOGETAFE, en Getafe Madrid.

Serán tenidos en cuenta en todo momento los condicionantes impuestos por la Normativa vigente en el PGOUG de Getafe, las determinaciones contenidas en el Plan Especial del Parque Equipado Getafe Sur, “P.A.U. “Arroyo Culebro”, la Normativa de Obligado Cumplimiento y lo establecido en el CTE.

La finalidad del presente documento es definir con el mayor detalle posible, y en base al programa establecido por Propiedad, la geometría y las características generales de la propuesta del nuevo laboratorio. Igualmente, proceder a una asignación pormenorizada de los refuerzos estructurales y las nuevas instalaciones necesarios para la nueva implantación

Se reseñan así una toda una serie de medidas tanto formales como constructivas, que habrán de ser desarrolladas en la siguiente fase del trabajo, el control y dirección de la ejecución.

1.2. ANTECEDENTES.

El “Área Tecnológica del Sur, forma parte de la Red de Parques científicos y Tecnológicos de la Comunidad de Madrid. Se trata en todo caso de una iniciativa impulsada por la Comunidad de Madrid a través del Instituto Madrileño de Desarrollo (IMADE) y del Ayuntamiento de Getafe.

El objetivo fundamental del “Área Tecnológica de Sur”, es ofrecer un espacio y una serie de infraestructuras que permitan la cooperación y la transmisión de conocimientos entre la Investigación científica y las empresas. La gestión profesional del Parque la realiza el “Consortio Urbanístico del Área Tecnológica del Sur”, en colaboración con la UPM.

La sede de Getafe del Parque Tecnológico de la Universidad Politécnica de Madrid, en la que se construyó entre 2010 -2012 la sede de Imdea-Materiales, situada en una parcela de 102.105 m2 muy próxima a la M-50, cedida por el consorcio de “Área Tecnológica del Sur” a la UPM. La UPM ha ubicado en estos años, en esta zona diversos centros e instalaciones de carácter tecnológico y laboratorios de prueba y ensayo.

El **Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (IMDEA)**, busca fomentar las actividades de I+D+i y su transferencia a la sociedad.

Una de las áreas identificadas por la Comunidad de Madrid como estratégica en el desarrollo científico y tecnológico de la región, es el área de la Ingeniería de Materiales. El **IMDEA - MATERIALES**, es pues, el Instituto Madrileño de Estudios Avanzados que fue construido y creado para desarrollar su actividad en este campo, con grandes proyectos de investigación.

Con el paso de los años y el crecimiento de la actividad investigadora del centro, se han multiplicado las necesidades de espacio de las diferentes líneas de investigación y ha sido necesario ir adaptando los espacios creados inicialmente, a los nuevos equipos humanos y tecnológicos del centro.

En este sentido, tras la adquisición de un nuevo tomógrafo, ha obligado al Instituto a plantear la ampliación del actual laboratorio DE RAYOA X y a la búsqueda de una nueva ubicación para el mismo en las Instalaciones del edificio. Este es el objeto del presente proyecto.

1.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO.

1.3.1- AUTOR DEL ENCARGO

Se ha realizado el presente Proyecto Básico y de Ejecución, por encargo expreso de la **FUNDACIÓN IMDEA-MATERIALES**, con domicilio en la C/ Eric Kandel 2, 28609 Getafe y C.I.F G-84908953

1.3.2.- AUTOR DEL PROYECTO

El autor del presente Proyecto Básico y de Ejecución es D. Juan Manuel Echevarria Pérez, Arquitecto Colegiado del C.O.A.M con nº 8873, y domicilio en Madrid, C/ Arturo Soria 337 28033 de Madrid.

1.3.3.- SITUACIÓN DEL EDIFICIO

La parcela adjudicada al Edificio que alberga la sede de **“Imdea-Materiales”**, forma parte del **Plan Especial del Parque Equipado Getafe Sur.** en Getafe (Madrid). Esta área se encuentra sometida al planeamiento establecido por el **“PAU Arroyo Culebro”**.

El edificio ocupa la **parcela P 3**, en el extremo suroeste del **Area 4 “Universidad Politécnica”**,. La parcela tiene forma aproximada de sector circular, y cuenta con una **superficie de 6.444 m2. Actualmente es la Calle Eric Kandel 2.**

Linda al Noreste en línea recta de 94,50 m. con la parcela P7 del Parque Equipado; al sureste en línea recta de 74,59 m con la parcela P4, y al suroeste en línea curva de 148,86 m, con el viario determinado por el Plan Especial.

Su uso característico es **Equipamiento Educativo** y la Norma Urbanística que le corresponde es la **Ordenanza Área 4 : Universidad Politécnica**, del “P.A.U. Arroyo Culebro “además de lo establecido por el Plan General de Ordenación Urbana de Getafe.

1.3.4.- DESCRIPCION DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Las soluciones propuestas, que servirán de base para el desarrollo posterior de la Obra del Laboratorio de Rayos X, se han planteado teniendo en cuenta los siguientes criterios de partida:

- **El Instituto Imdea Materiales, ha adquirido un nuevo tomógrafo a través de una subvención de fondos europeos. Dicho equipo tienes unos requerimientos por peso y volumen, que no permite su instalación en la actual ubicación del Laboratorio de Rayos X del edificio. Por ello se ha planteado la necesidad de crear una nueva instalación aprovechando la ubicación del antiguo CPD.**
- Para esta nueva reforma, se han tenido en consideración, el conjunto del Programa y Prescripciones Técnicas establecidos por la dirección de la Fundación Imdea Materiales, para la elaboración del Proyecto de Implantación del nuevo Laboratorio de

Rayos X, en la sala que ocupaba el antiguo CPD, situada en la planta semisótano del edificio.

- Criterios y opiniones de los técnicos e investigadores, así como el equipo técnico.
- Los condicionantes impuestos por las características geométricas de la sala y de la estructura e instalaciones existentes del edificio.
- Cumplimiento de lo establecido en la Normativa Urbanística que le es de aplicación, y demás Normativas Técnicas de obligado cumplimiento y Código Técnico.

1.3.5. SUPERFICIES DE LA ACTUACION.

Tal y como queda reflejado en el cuadro de superficies útiles del proyecto de ejecución del edificio en su planta semisótano, a superficie total de la actuación en la sala de ordenadores o CPD, es de 74,59 m2.

PLANTA SEMISÓTANO				sup. útil (m²)
	Rampa de acceso a garaje			214,02
	Nave	Nave	1.182,25	
		Almacenes	25,73	
		Mantenimiento	15,97	
		Escalera interior Nave	12,87	
		Vestuarios	39,65	
		Accesos a Nave	16,16	
				1.292,63
	Taller	Taller	146,16	
		Despacho	19,61	
		Almacén	25,36	
				191,13
	Laboratorio de Caracterización Microestructural y Micro y Nanomecánica			
		Acceso Laboratorio	17,96	
		Rayos X	41,52	
		Zona de Trabajo	30,36	
		Optico, nanointender y durómetros	72,95	
		Microscopía	80,77	
		SEM + FIB	40,91	
		TEM	33,18	
		Equipos Auxiliares Microscopía	22,17	
		Distribuidor	64,46	
		Almacenes	35,32	
		Escalera	15,96	455,56
	Biblioteca			121,85
	Salón de Actos	Salón de Actos	280,37	
		Dependencias auxiliares	80,46	
				360,83
	Sala de Juntas			96,12
	Cafetería			81,60
	Cocina			21,97
	Cuarto de basuras			15,42
	Almacenes			5,27
	Instalaciones			9,83
	Sala de Ordenadores			74,59

1.3.6. JUSTIFICACIONES.

1.3.6.1. JUSTIFICACION URBANISTICA Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

El Proyecto se ha redactado cumpliendo en todas y cada una de sus fases a la Normativa Urbanística vigente en el PGOUG de Getafe.

En lo referente al edificio de Imdea Materiales, el suelo en que se construyó, está sujeto también a las determinaciones del Plan Especial del Parque Equipado Getafe Sur, “P.A.U. “Arroyo Culebro”. La superficie útil de garaje es de **5.693’44 m² <6000m²**, por lo que se planteó el acceso al mismo a través de una sola rampa de doble sentido de 6 m de ancho.

La dotación de plazas de garaje total es de 251 plazas de las cuales 93 están situadas en la Planta Sótano 1, y 158 en la Planta Sótano 2.

La zona verde ajardinada tiene que alcanzar según lo establecido en el Planeamiento correspondiente al menos un 20% de la superficie total de la parcela. Esta tiene una superficie de 6.444 m² y por tanto la superficie ajardinada mínima sería de **1.288.8 m²**. **En Proyecto, se plantea una zona verde ajardinada de 1446’52 m²**.

En forma esquemática se resumen a continuación las principales determinaciones urbanísticas contenidas en planeamiento.

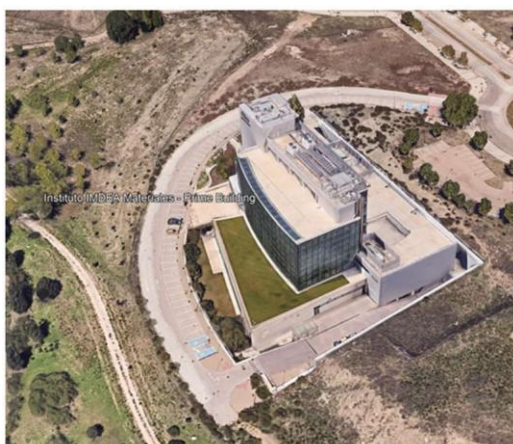


Imagen de la situación del edificio y plano de la zona de actuación

FICHA URBANISTICA

Municipio	Getafe	
Planeamiento sobre el municipio	Plan General de Ordenación Urbana de Getafe	Aprobación definitiva: 2003
Planeamiento sobre la parcela	Plan Especial Del Parque equipado Getafe Sur. P.A.U. Arroyo Culebro. Ordenanza Área 4 : Universidad politécnica	Aprobación Definitiva: 27/06/2003 Primera Modificación: 3/06/2004 Segunda Modificación: 2006

Planeamiento

Proyecto

Parcelación		
Parcela Mínima	2.500 m2	102.155 m2
Condiciones de uso		
Uso característico	Equipamiento educativo: Centro de enseñanza e investigación	Centros de Investigación de la Fundación Imdea
Edificabilidad		
Superficie de parcela del ámbito	102.155 m2	102.155 m2
Edificabilidad máxima	52.600 m2	7.722'45 m2
Condiciones de la Edificación		
Altura de la edificación (m)	30 m (sin rebasar servidumbres de la base aérea de Getafe)	30 m
Altura de la edificación (N° de plantas)	5 (B+4)	5 (B+4)
Ocupación máxima de parcela	40%	3.468 m2
Alineaciones y rasantes	Establecidos en el plano de alineación y ordenación de volúmenes.	Cumple lo establecido en el Plano de Alineaciones, Rasantes y Ordenación de Volúmenes del Plan Especial del Parque Equipado Getafe Sur.
Altura libre mínima de pisos	3'50 m en uso industrial 2'50 m en oficinas	Nave de Ensayo 9.75 m Planta Baja: 3.40 m Planta Tipo: 2.85 m Planta Semisótano: 4.60 m
Otras condiciones		
Plazas de aparcamiento	1 plaza por cada 50 m2 construidos	251
Carga y descarga	Garantizar espacios de carga y descarga	Playa de carga y descarga en el edificio

1.3.7. NORMATIVA TECNICA DE APLICACIÓN

1.3.7.1- Marco legal aplicable en el ámbito estatal, autonómico y local.

El presente Proyecto Básico Y Ejecución , cumple el Código Técnico de la Edificación, satisfaciendo las exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos de 'Seguridad estructural', 'Seguridad en caso de incendio', 'Seguridad de utilización y accesibilidad', 'Higiene, salud y protección del medio ambiente', 'Protección frente al ruido' y 'Ahorro de energía y aislamiento térmico', establecidos en el artículo 3 Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

En el Proyecto se ha optado por adoptar las soluciones técnicas y los procedimientos propuestos en los Documentos Básicos del CTE, cuya utilización es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias básicas impuestas en el CTE.

Exigencias básicas del CTE no aplicables en el presente proyecto

Exigencias básicas SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad

Exigencia básica SUA 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones de alta ocupación

Las condiciones establecidas en DB SUA 5 son de aplicación a los graderíos de estadios, pabellones polideportivos, centros de reunión, otros edificios de uso cultural, etc. previstos para más de 3000 espectadores de pie.

Por lo tanto, para este proyecto, no es de aplicación.

Exigencias básicas HE: Ahorro de energía

Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

El edificio es de uso residencial por lo que, según el punto 1.1 (ámbito de aplicación) de la Exigencia Básica HE 5, no necesita instalación solar fotovoltaica.

Por lo tanto, para este proyecto, no es de aplicación.

Cumplimiento de otras normativas específicas:

Estatales

ICT	Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones
RITE	Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE)

REBT	Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51
RIGLO	Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a ICG 11
RIPCI	Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI)
RCD	Producción y gestión de residuos de construcción y demolición
R.D. 235/13	Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios

De ámbito local y autonómico

- Ley 10/1991 DE 4 DE abril para la Protección del Medio Ambiente de la comunidad de Madrid.
- Ordenanza Municipal sobre edificación y uso del suelo del Ayuntamiento de Torrejón de la Calzada.
- Normas Subsidiarias del Ayuntamiento de Torrejón de la Calzada

La presente documentación técnica justificará tanto la viabilidad del uso pretendido, como la existencia de las dotaciones de servicios necesarias y condiciones de seguridad exigidas por la normativa específica

1.3.7.2. Normativa técnica de obligado cumplimiento

De acuerdo con el artículo 1º A). Uno, del Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en la ejecución de las obras deberán observarse las normas vigentes aplicables sobre construcción. A tal fin se incluye la siguiente relación no exhaustiva de la normativa técnica aplicable, que lo será en función de la naturaleza del objeto del proyecto:

ÍNDICE

0) Normas de carácter general

0.1 Normas de carácter general

1) Estructuras

- 1.1 Acciones en la edificación
- 1.2 Acero
- 1.3 Fabrica de Ladrillo
- 1.4 Hormigón
- 1.5 Madera
- 1.6 Cimentación

2) Instalaciones

- 2.1 Agua
- 2.2 Ascensores
- 2.3 Audiovisuales y Antenas
- 2.4 Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria
- 2.5 Electricidad
- 2.6 Instalaciones de Protección contra Incendios

3) Cubiertas

- 3.1 Cubiertas

4) Protección

- 4.1 Aislamiento Acústico
- 4.2 Aislamiento Térmico
- 4.3 Protección Contra Incendios
- 4.4 Seguridad y Salud en las obras de Construcción
- 4.5 Seguridad de Utilización

5) Barreras arquitectónicas

- 5.1 Barreras Arquitectónicas

6) Varios

- 6.1 Instrucciones y Pliegos de Recepción
- 6.2 Medio Ambiente
- 6.3 Otros

ANEXO 1: COMUNIDAD DE MADRID

0) NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

0.1) NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

Ordenación de la edificación

LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de la Jefatura del Estado
B.O.E.: 6-NOV-1999

MODIFICADA POR:

Artículo 82 de la Ley 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social
LEY 24/2001, de 27 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 31-DIC-2001

Artículo 105 de la Ley 53/2002, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social
LEY 53/2002, de 30 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 31-DIC-2002

Artículo 15 de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio
LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 23-DIC-2009

Disposición final tercera de la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas
LEY 8/2013, de 26 de junio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 27-JUN-2013

Disposición final tercera de la Ley 9/2014, de 9 de mayo, de Telecomunicaciones
LEY 9/2014, de 9 de mayo, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 10-MAY-2014
Corrección erratas: B.O.E. 17-MAY-2014

Disposición final tercera de la Ley 20/2015, de 14 de julio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades aseguradoras y reaseguradoras

LEY 20/2015, de 14 de julio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 15-JUL-2015

Disposición adicional cuarta de la Ley 10/2022, de 14 de junio, de medidas urgentes para impulsar la actividad de rehabilitación edificatoria en el contexto del Plan de recuperación, Transformación y Resiliencia

LEY 10/2022, de 14 de junio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 15-JUN-2022

Código Técnico de la Edificación

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006
Corrección de errores y erratas: B.O.E. 25-ENE-2008

DEROGADO EL APARTADO 5 DEL ARTÍCULO 2 POR:

Disposición derogatoria única de la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas

LEY 8/2013, de 26 de junio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 27-JUN-2013

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 23-OCT-2007
Corrección de errores: B.O.E. 20-DIC-2007

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1371/2007, de 19-OCT

REAL DECRETO 1675/2008, de 17 de octubre, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 18-OCT-2008

Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación, aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

ORDEN 984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 23-ABR-2009
Corrección de errores y erratas: B.O.E. 23-SEP-2009

Modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad

REAL DECRETO 173/2010, de 19 de febrero, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 11-MAR-2010

Modificación del Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Disposición final segunda, del Real Decreto 410/2010, de 31 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 22-ABR-2010

Sentencia por la que se declara la nulidad del artículo 2.7 del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, así como la definición del párrafo segundo de uso administrativo y la definición completa de uso pública concurrencia, contenidas en el documento SI del mencionado Código

Sentencia de 4 de mayo de 2010, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo,
B.O.E.: 30-JUL-2010

Disposición final undécima de la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas

LEY 8/2013, de 26 de junio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 27-JUN-2013

Actualización del Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía"

ORDEN FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, del Ministerio de Fomento
B.O.E.: 12-SEP-2013
Corrección de errores: B.O.E. 8-NOV-2013

Modificación del Documento Básico DB-HE “Ahorro de energía” y del Documento Básico DB-HS “Salubridad”, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

ORDEN 588/2017, de 15 de junio, del Ministerio de Fomento
B.O.E.: 23-JUN-2017

Modificación del Código Técnico de la Edificación Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

REAL DECRETO 732/2019, de 20 de diciembre, del Ministerio de Fomento
B.O.E.: 27-DIC-2019

Modificación del Código Técnico de la Edificación Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

REAL DECRETO 450/2022, de 14 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática
B.O.E.: 15-JUN-2022
Corrección de errores: B.O.E. 02-FEB-2023

Modificación del Documento Básico DB-SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Disposición Final segunda del REAL DECRETO 164/2025, de 4 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales
B.O.E.: 10-ABR-2025

Procedimiento básico para la certificación energética de los edificios

REAL DECRETO 390/2021, de 1 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.
B.O.E.: 02-JUN-2021

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 390/2021, de 1 de junio

REAL DECRETO 659/2025, de 22 de julio, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes
B.O.E.: 23-JUL-2025

1) ESTRUCTURAS

1.1) ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

DB SE-AE. Seguridad estructural - Acciones en la Edificación.

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado “0.1 Normas de carácter general”

Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02)

REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento
B.O.E.: 11-OCT-2002

1.2) ACERO

DB SE-A. Seguridad Estructural - Acero

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado “0.1 Normas de carácter general”

Código Estructural

REAL DECRETO 470/2021, de 29 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.
B.O.E.: 10-AGO-2021
Corrección de errores: B.O.E. 02-FEB-2024

1.3) FÁBRICA

DB SE-F. Seguridad Estructural Fábrica

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

1.4) HORMIGÓN

Código Estructural

REAL DECRETO 470/2021, de 29 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 10-AGO-2021

Corrección de errores: B.O.E. 02-FEB-2024

1.5) MADERA

DB SE-M. Seguridad estructural - Estructuras de Madera

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

1.6) CIMENTACIÓN

DB SE-C. Seguridad estructural - Cimientos

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

2) INSTALACIONES

2.1) AGUA

Criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro

REAL DECRETO 3/2023, de 10 de enero, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 11-ENE-2023

Corrección errores: 14-FEB-2023

DB HS. Salubridad (Capítulos HS-4, HS-5)

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

2.2) ASCENSORES

Requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de ascensores y componentes de seguridad para ascensores

REAL DECRETO 203/2016 de 20 de mayo de 2016, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo

B.O.E.: 25-MAY-2016

Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos

(sólo están vigentes los artículos 8, 11 a 15, 16.2, 17, 19, 20, 22 y 23)

REAL DECRETO 2291/1985, de 8 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía

B.O.E.: 11-DIC-1985

MODIFICADO POR:

Art 2º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre

REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

B.O.E.: 22-MAY-2010

Corrección de errores: B.O.E. 19-JUN-2010

Prescripciones técnicas no previstas en la ITC-MIE-AEM 1, del Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos

RESOLUCIÓN de 27 de abril de 1992, de la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
B.O.E.: 15-MAY-1992

Instrucción Técnica Complementaria AEM 1 “Ascensores” que regula la puesta en servicio, modificación, mantenimiento e inspección de los ascensores, así como el incremento de la seguridad del parque de ascensores existente

REAL DECRETO 355/2024, de 2 de abril, del Ministerio de Industria y Turismo
B.O.E.: 13-ABR-2024

MODIFICADO POR:

Disp. Final sexta del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

REAL DECRETO 164/2025, de 4 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes
B.O.E.: 10-ABR-2025

Art. 10º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial en lo relativo al régimen de contratación de los profesionales habilitados

REAL DECRETO 770/2025, de 2 de septiembre del Ministerio de Industria y Turismo
B.O.E.: 3-SEP-2025

2.3) AUDIOVISUALES Y ANTENAS

Infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones.

REAL DECRETO LEY 1/1998, de 27 de febrero, de la Jefatura del Estado
B.O.E.: 28-FEB-1998

MODIFICADO POR:

Modificación del artículo 2, apartado a), del Real Decreto-Ley 1/1998

Disposición Adicional Sexta, de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Jefatura del Estado, de Ordenación de la Edificación
B.O.E.: 06-NOV-1999

Modificación de los artículos 1.2 y 3.1, del Real Decreto-Ley 1/1998

Artículo Quinto de la Ley 10/2005, de 14 de junio, de Jefatura del Estado, de Medidas Urgentes para el impulso de la Televisión Digital Terrestre, de la liberalización de la televisión por cable y de fomento del pluralismo
B.O.E.: 15-JUN-2005

Disposición final quinta de la Ley 9/2014, de 9 de mayo, de Telecomunicaciones

LEY 9/2014, de 9 de mayo, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 10-MAY-2014

Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones.

REAL DECRETO 346/2011, de 11 de marzo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
B.O.E.: 1-ABR-2011
Corrección errores: 18-OCT-2011

DESARROLLADO POR:

Desarrollo del Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo.

ORDEN 1644/2011, de 10 de junio de 2011, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
B.O.E.: 16-JUN-2011

MODIFICADA POR:

Art 3 de la regulación de las características de reacción al fuego de los cables de telecomunicaciones en el interior de las edificaciones y de modificación de determinados anexos del Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, y de la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio

ORDEN 983/2019, de 26 de septiembre, del Ministerio de Economía y Empresa

B.O.E.: 03-OCT-2019

MODIFICADO POR:

Sentencia por la que se anula el inciso “debe ser verificado por una entidad que disponga de la independencia necesaria respecto al proceso de construcción de la edificación y de los medios y la capacitación técnica para ello” in fine del párrafo quinto

Sentencia de 9 de octubre de 2012, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo,

B.O.E.: 1-NOV-2012

Sentencia por la que se anula el inciso “en el artículo 3 del Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación”, incluido en los apartados 2.a) del artículo 8; párrafo quinto del apartado 1 del artículo 9; apartado 1 del artículo 10 y párrafo tercero del apartado 2 del artículo 10.

Sentencia de 17 de octubre de 2012, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo,

B.O.E.: 7-NOV-2012

Sentencia por la que se anula el inciso “en el artículo 3 del Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación”, incluido en los apartados 2.a) del artículo 8; párrafo quinto del apartado 1 del artículo 9; apartado 1 del artículo 10 y párrafo tercero del apartado 2 del artículo 10; así como el inciso “a realizar por un Ingeniero de Telecomunicación o un Ingeniero Técnico de Telecomunicación” de la sección 3 del Anexo IV.

Sentencia de 17 de octubre de 2012, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo,

B.O.E.: 7-NOV-2012

Disposición final primera del Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre

REAL DECRETO 805/2014, de 19 de septiembre, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo

B.O.E.: 24-SEP-2014

DEROGADO POR

Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre

REAL DECRETO 391/2019, de 21 de junio, del Ministerio de Economía y Empresa

B.O.E.: 25-JUN-2019

Disposición final cuarta del Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre

REAL DECRETO 391/2019, de 21 de junio, del Ministerio de Economía y Empresa

B.O.E.: 25-JUN-2019

Art 2 de la regulación de las características de reacción al fuego de los cables de telecomunicaciones en el interior de las edificaciones y de modificación de determinados anexos del Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, y de la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio

ORDEN 983/2019, de 26 de septiembre, del Ministerio de Economía y Empresa

B.O.E.: 03-OCT-2019

2.4) CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 29-AGO-2007

Corrección errores: 28-FEB-2008

MODIFICADO POR:

Art. segundo del Real Decreto 249/2010, de 5 de marzo, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 18-MAR-2010

Corrección errores: 23-ABR-2010

Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 11-DIC-2009

Corrección errores: 12-FEB-2010

Corrección errores: 25-MAY-2010

Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 13-ABR-2013

Corrección errores: 5-SEP-2013

Disp. Final tercera del Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía

B.O.E.: 13-FEB-2016

Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 24-MAR-2021

MODIFICADO POR:

Disp. Final segunda de la aprobación del procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

REAL DECRETO 390/2021, de 1 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 2-JUN-2021

Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11

REAL DECRETO 919/2006, de 28 de julio, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

B.O.E.: 4-SEPT-2006

MODIFICADO POR:

Art 13º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre

REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

B.O.E.: 22-MAY-2010

Corrección de errores: B.O.E. 19-JUN-2010

Regulación del mercado organizado de gas y el acceso a tercero a las instalaciones del sistema de gas natural

REAL DECRETO 984/2015, de 30 de octubre, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo

B.O.E.: 31-OCT-2015

Actualizado el listado de normas de la ITC-ICG 11 por:

RESOLUCIÓN de 14 de noviembre de 2018 de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y de la Mediana Empresa

B.O.E.: 23-NOV-2018

MODIFICADA la ITC-ICG 09 POR:

Art. 7º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.

REAL DECRETO 298/2021, de 27 de abril del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 28-ABR-2021

MODIFICADO POR:

Art 5º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para su adaptación al principio de reconocimiento mutuo

REAL DECRETO 145/2023, de 28 de febrero, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 18-MAR-2023

Actualizado el listado de normas de la ITC-ICG 11 por:

RESOLUCIÓN de 19 de diciembre de 2023 de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y de la Mediana Empresa

B.O.E.: 29-DIC-2023

RESOLUCIÓN de 25 de marzo de 2025, de la Dirección General de Estrategia Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa.

B.O.E.: 04-ABR-2025

Instrucción técnica complementaria MI-IP 03 “Instalaciones petrolíferas para uso propio”

REAL DECRETO 1427/1997, de 15 de septiembre, del Ministerio de Industria y Energía

B.O.E.: 23-OCT-1997

Corrección errores: 24-ENE-1998

MODIFICADA POR:

Modificación del Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por R. D. 2085/1994, de 20-OCT, y las Instrucciones Técnicas complementarias MI-IP-03, aprobadas por el R.D. 1427/1997, de 15-SET, y MI-IP-04, aprobada por el R.D. 2201/1995, de 28-DIC.

REAL DECRETO 1523/1999, de 1 de octubre, del Ministerio de Industria y Energía

B.O.E.: 22-OCT-1999

Corrección errores: 3-MAR-2000

Art 6º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre

REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

B.O.E.: 22-MAY-2010

Art 4º de la modificación y derogación de diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial

REAL DECRETO 542/2020, de 26 de mayo, del Ministerio de la Presidencia, Relación con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 20-JUN-2020

Disp. final segunda de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para su adaptación al principio de reconocimiento mutuo

REAL DECRETO 145/2023, de 28 de febrero, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 18-MAR-2023

Requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis

REAL DECRETO 487/2022, de 21 de junio, del Ministerio de Sanidad.

B.O.E.: 22-JUN-2022

Corrección de errores: B.O.E. 11-FEB-2023

MODIFICADO POR:

Disp. Final tercera del establecimiento de los criterios técnicos sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

REAL DECRETO 3/2023, de 10 de enero del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 11-ENE-2023

Corrección errores: 14-FEB-2023

Modificación del Real Decreto 487/2022, de 21 de junio

REAL DECRETO 614/2024, de 2 de julio del Ministerio de Sanidad

B.O.E.: 03-JUL-2024

DB HE. Ahorro de Energía (Capítulo HE-4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria)

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO. 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado “0.1 Normas de carácter general”

Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias

REAL DECRETO 552/2019, de 27 de septiembre, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 24-OCT-2019

Corrección de erratas: B.O.E. 25-OCT-2019

MODIFICADO POR:

Art. 12º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.

REAL DECRETO 298/2021, de 27 de abril del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 28-ABR-2021

Disp. Final cuarta del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

REAL DECRETO 164/2025, de 4 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes
B.O.E.: 10-ABR-2025

Art. 8º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial en lo relativo al régimen de contratación de los profesionales habilitados

REAL DECRETO 770/2025, de 2 de septiembre del Ministerio de Industria y Turismo
B.O.E.: 3-SEP-2025

Modificación de la relación de refrigerantes autorizados.

Resolución de 17 de noviembre de 2025, de la Dirección General de Estrategia Industrial y de la pequeña y Mediana Empresa.
B.O.E.: 27-NOV-2025

2.5) ELECTRICIDAD

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología
B.O.E.: suplemento al nº 224, 18-SEP-2002

Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03 por:

SENTENCIA de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo
B.O.E.: 5-ABR-2004

Derogado el apartado 4.3.3 y el tercer párrafo del capítulo 7 de la ITC-BT-40 por:

REAL DECRETO 244/2019, de 5 de abril del Ministerio para la Transición Ecológica
B.O.E.: 6-ABR-2019

MODIFICADO POR:

Art 7º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre

REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
B.O.E.: 22-MAY-2010
Corrección de errores: B.O.E. 19-JUN-2010
Corrección de errores: B.O.E. 26-AGO-2010

Nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.

REAL DECRETO 1053/2014, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo
B.O.E.: 31-DIC-2014

MODIFICADO POR:

Art 11º de la modificación y derogación de diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial

REAL DECRETO 542/2020, de 26 de mayo, del Ministerio de la Presidencia, Relación con las Cortes y Memoria Democrática
B.O.E.: 20-JUN-2020

Disp. Final primera del Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006.

REAL DECRETO 450/2022, de 14 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relación con las Cortes y Memoria Democrática
B.O.E.: 15-JUN-2022
Corrección de errores: B.O.E. 02-FEB-2022

Art 5º de la modificación y derogación de diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial

REAL DECRETO 542/2020, de 26 de mayo, del Ministerio de la Presidencia, Relación con las Cortes y Memoria Democrática
B.O.E.: 20-JUN-2020

MODIFICADA LA ITC-BT-40 POR:

Disposición final segunda de la Regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica

REAL DECRETO 244/2019, de 5 de abril del Ministerio para la Transición Ecológica
B.O.E.: 6-ABR-2019

ACTUALIZADO POR:

Actualización del listado de normas de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-02

Resolución de 9 de enero de 2020, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa
B.O.E.: 16-ENE-2020

MODIFICADO EL REGLAMENTO Y LA ITC-BT-03 POR:

Art. 1º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.

REAL DECRETO 298/2021, de 27 de abril del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
B.O.E.: 28-ABR-2021

MODIFICADO POR:

Art 3º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para su adaptación al principio de reconocimiento mutuo

REAL DECRETO 145/2023, de 28 de febrero, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
B.O.E.: 18-MAR-2023

ACTUALIZADO POR:

Actualización del listado de normas de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-02

Resolución de 20 de marzo de 2025, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa
B.O.E.: 03-ABR-2025

MODIFICADA LA ITC-BT-03 POR:

Art. 1º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial en lo relativo al régimen de contratación de los profesionales habilitados

REAL DECRETO 770/2025, de 2 de septiembre del Ministerio de Industria y Turismo
B.O.E.: 3-SEP-2025

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico

RESOLUCIÓN de 18 de enero 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial
B.O.E.: 19-FEB-1988

Corrección de errores: 29-ABR-1988

Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07

REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
B.O.E.: 19-NOV-2008

MODIFICADA la Instrucción Técnica EA-01 POR:

Art. 20 de las medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del “Plan + seguridad para tu energía (+SE)”, así como medidas en materia de retribuciones del personal al servicio del sector público y de protección de las personas trabajadoras agrarias eventuales afectadas por la sequía.

REAL DECRETO-LEY 18/2022, de 18 de octubre de jefatura del Estado
B.O.E.: 19-OCT-2022

DB HE. Ahorro de Energía (Capítulo HE-5:. Generación mínima de energía eléctrica procedente de fuentes renovables)

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO. 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado “0.1 Normas de carácter general”

DB HE. Ahorro de Energía (Capítulo HE-6:. Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos)

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO. 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado “0.1 Normas de carácter general”

2.6) INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

REAL DECRETO 513/2017, de 22 de mayo, del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad

B.O.E.: 12-JUN-2017

Corrección de errores: 23-SEP-2017

MODIFICADO POR:

Art. 11º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.

REAL DECRETO 298/2021, de 27 de abril del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 28-ABR-2021

Art 8º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial, para su adaptación al principio de reconocimiento mutuo

REAL DECRETO 145/2023, de 28 de febrero, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

B.O.E.: 18-MAR-2023

Disp. Final primera del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

REAL DECRETO 164/2025, de 4 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes

B.O.E.: 10-ABR-2025

Art. 7º de la modificación de diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial en lo relativo al régimen de contratación de los profesionales habilitados

REAL DECRETO 770/2025, de 2 de septiembre del Ministerio de Industria y Turismo

B.O.E.: 3-SEP-2025

3) CUBIERTAS

3.1) CUBIERTAS

DB HS-1. Salubridad

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

4) PROTECCIÓN

4.1) AISLAMIENTO ACÚSTICO

DB HR. Protección frente al ruido

REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 23-OCT-2007

Corrección de errores: B.O.E. 20-DIC-2007

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

4.2) AISLAMIENTO TÉRMICO

DB HE-Ahorro de Energía

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

4.3) PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

DB SI-Seguridad en caso de Incendios

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales.

REAL DECRETO 164/2025, de 4 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes
B.O.E.: 10-ABR-2025

Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego

REAL DECRETO 842/2013, de 31 de octubre, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 23-NOV-2013

Regulación de las características de reacción al fuego de los cables de telecomunicaciones en el interior de las edificaciones, modificación de determinados anexos del Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, y modificación de la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio por la que se desarrolla dicho reglamento.

ORDEN 983/2019, de 26 de septiembre, del Ministerio de Economía y Empresa
B.O.E.: 03-OCT-2019

4.4) SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 25-OCT-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 13-NOV-2004

Modificación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

REAL DECRETO 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
B.O.E.: 29-MAY-2006

Disposición final tercera del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción

REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
B.O.E.: 25-AGO-2007

Modificación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración
B.O.E.: 23-MAR-2010

AFECTADO POR:

Artículo 7 de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 23-DIC-2009

DEROGADO EL ART.18 POR:

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración
B.O.E.: 23-MAR-2010

Prevención de Riesgos Laborales

LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado
B.O.E.: 10-NOV-1995

DESARROLLADA POR:

Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales

REAL DECRETO 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 31-ENE-2004
Corrección errores: 10-MAR-2004

MODIFICADA POR:

Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social (Ley de Acompañamiento de los presupuestos de 1999)

LEY 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 31-DIC-1998

Art. 10 de la Ley 39/1999, de Promoción de la conciliación de la vida familiar y laboral de las personas trabajadoras

LEY 39/1999, de 5 de noviembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 05-NOV-1999

Reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales

LEY 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 13-DIC-2003

Disposición adicional cuadragésimo séptima de la Ley 30/2005, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2006

LEY 30/2005, de 29 de diciembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 30-DIC-2005

Disposición adicional segunda de la Ley 31/2006, sobre implicación de los trabajadores en las sociedades anónimas y cooperativas europeas

LEY 31/2006, de 18 de octubre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 19-OCT-2006

Disposición adicional duodécima de la Ley 3/2007, para la igualdad de mujeres y hombres

LEY ORGÁNICA 3/2007, de 22 de marzo, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 23-MAR-2007

Artículo 8 y Disposición adicional tercera de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado

B.O.E.: 23-DIC-2009

Disposición final sexta de la Ley 32/2010, por la que se establece un sistema específico de protección por cese de actividad de los trabajadores autónomos

LEY 32/2010, de 5 de agosto, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 06-AGO-2010

Artículo 39 de la Ley 14/2013, de apoyo a los emprendedores y su internacionalización

LEY 14/2013, de 27 de septiembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 28-SEP-2013

Disposición final primera de la Ley 35/2014, por la que se modifica el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social en relación con el régimen jurídico de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social

LEY 35/2014, de 26 de diciembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 29-DIC-2014

DEROGADOS ALGUNOS ARTÍCULO POR:

Disposición derogatoria única del Texto refundido de la Ley sobre infracciones y sanciones en el Orden Social

REAL DECRETO LEGISLATIVO 5/2000, de 4 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 08-AGO-2000

Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 31-ENE-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 1-MAY-1998

Regulación del régimen de funcionamiento de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social como servicio de prevención ajeno

REAL DECRETO 688/2005, de 10 de junio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 11-JUN-2005

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 29-MAY-2006

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 298/2009, de 6 de marzo, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 07-MAR-2009

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración

B.O.E.: 23-MAR-2010

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 04-JUL-2015

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 899/2015, de 9 de octubre, del Ministerio de Empleo y Seguridad Social

B.O.E.: 1-MAY-1998

DEROGADA LA DISPOSICIÓN TRANSITORIA TERCERA POR:

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración

B.O.E.: 23-MAR-2010

DESARROLLADO POR:

Desarrollo del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, en lo referido a la acreditación de entidades especializadas como servicios de prevención, memoria de actividades preventivas y autorización para realizar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas

ORDEN 2504/2010, de 20 de septiembre, del Ministerio de Trabajo e Inmigración

B.O.E.: 28-SEP-2010

Corrección errores: 22-OCT-2010

Corrección errores: 18-NOV-2010

MODIFICADA POR:

Modificación de la Orden 2504/2010, de 20 sept

ORDEN 2259/2015, de 22 de octubre

B.O.E.: 30-OCT-2015

Señalización de seguridad en el trabajo

REAL DECRETO 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 23-ABR-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 485/1997

REAL DECRETO 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 04-JUL-2015

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 23-ABR-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 13-NOV-2004

Disp. Final primera del Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo, por el que se adoptan medidas urgentes en materia agraria y de aguas en respuesta a la sequía y al agravamiento de las condiciones del sector primario derivado del conflicto bélico en Ucrania y de las condiciones climatológicas, así como de promoción del uso del transporte público colectivo terrestre por parte de los jóvenes y prevención de riesgos laborales en episodios de elevadas temperaturas.

REAL DECRETO-LEY 4/2023, de 11 de mayo, de la Jefatura del Estado
B.O.E.: 12-MAY-2023

Manipulación de cargas

REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
B.O.E.: 23-ABR-1997

Utilización de equipos de protección individual

REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
B.O.E.: 12-JUN-1997
Corrección errores: 18-JUL-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo

REAL DECRETO 1076/2021, de 7 de diciembre, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática
B.O.E.: 08-DIC-2021

Utilización de equipos de trabajo

REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
B.O.E.: 7-AGO-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 13-NOV-2004

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 11-ABR-2006

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos

REAL DECRETO 299/2016, de 22 de julio, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 29-JUL-2016

Regulación de la subcontratación

LEY 32/2006, de 18 de Octubre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 19-OCT-2006

DESARROLLADA POR:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de Octubre, reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción

REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
B.O.E.: 25-AGO-2007
Corrección de errores: 12-SEP-2007

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto
REAL DECRETO 327/2009, de 13 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración
B.O.E.: 14-MAR-2009

Modificación del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto
REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración
B.O.E.: 23-MAR-2010

MODIFICADA POR:

Artículo 16 de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio
LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 23-DIC-2009

4.5) SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

DB-SUA-Seguridad de utilización y accesibilidad

REAL DECRETO 173/2010, de 19 de febrero, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 11-MAR-2010

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

5) BARRERAS ARQUITECTÓNICAS

5.1) BARRERAS ARQUITECTÓNICAS

Real Decreto por el que se aprueban las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados y edificaciones.

REAL DECRETO 505/2007, de 20 de abril, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 11-MAY-2007

MODIFICADO POR:

La Disposición final primera de la modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad
REAL DECRETO 173/2010, de 19 de febrero, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 11-MAR-2010

DESARROLLADO POR:

Desarrollo del documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados
ORDEN 851/2021, de 23 de julio, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
B.O.E.: 06-AGO-2021

DB-SUA-Seguridad de utilización y accesibilidad (Capítulo SUA-9)

REAL DECRETO 173/2010, de 19 de febrero, del Ministerio de Vivienda
B.O.E.: 11-MAR-2010

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social

REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2013, de 29 de noviembre, del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
B.O.E.: 3-DIC-2013

MODIFICADO POR:

Disposición final segunda de la Ley 12/2015, de 24 de junio
LEY 12/2015, de 24 de junio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 25-JUN-2015

Disposición final decimocuarta de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público
LEY 9/2017, de 8 de noviembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 9-NOV-2017

Modificación del Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social, para establecer y regular la accesibilidad cognitiva y sus condiciones de exigencia y aplicación
LEY 6/2022, de 31 de marzo, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 01-ABR-2022

6) VARIOS

6.1) INSTRUCCIONES Y PLIEGOS DE RECEPCIÓN

Instrucción para la recepción de cementos "RC-16"
REAL DECRETO 256/2016, de 10 de junio, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 25-JUN-2016
Corrección errores: B.O.E.: 27-OCT-2017

MODIFICADA POR:
Modificación de la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)
REAL DECRETO 320/2024, de 26 de marzo, del Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes
B.O.E.: 10-ABR-2024

Ampliación de los anexos I, II y III de la Orden de 29 de noviembre de 2001, por la que se publican las referencias a las normas UNE que son transposición de normas armonizadas, así como el período de coexistencia y la entrada en vigor del marcado CE relativo a varias familias de productos de construcción
RESOLUCIÓN de 6 de abril de 2017, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa
B.O.E.: 28-ABR-2017

6.2) MEDIO AMBIENTE

Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas
DECRETO 2414/1961, de 30 de noviembre, de Presidencia de Gobierno
B.O.E.: 7-DIC-1961
Corrección errores: 7-MAR-1962

MODIFICADO POR:
Modificación de determinados artículos del Reglamento de Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
REAL DECRETO 3494/1964, de 5 de noviembre, de Presidencia del Gobierno
B.O.E.: 06-NOV-1964

DEROGADOS el segundo párrafo del artículo 18 y el Anexo 2 por:
Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo
REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 1-MAY-2001

DEROGADO por:
Calidad del aire y protección de la atmósfera
LEY 34/2007, de 15 de noviembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 16-NOV-2007

No obstante, el reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas mantendrá su vigencia en aquellas comunidades y ciudades autónomas que no tengan normativa aprobada en la materia, en tanto no se dicte dicha normativa.

MODIFICADA LA DISPOSICIÓN DEROGATORIA ÚNICA POR:
Modificación de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.
LEY 11/2014, de 3 de julio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 04-JUL-2014

Instrucciones complementarias para la aplicación del Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas

ORDEN de 15 de marzo de 1963, del Ministerio de la Gobernación

B.O.E.: 2-ABR-1963

MODIFICADA POR:

Modificación del artículo sexto de la Instrucción de 15 de marzo de 1963, complementaria del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas de 30 de noviembre de 1961.

ORDEN de 25 de octubre de 1965 del Ministerio de la Gobernación

B.O.E.: 10-NOV-1965

Ruido

LEY 37/2003, de 17 de noviembre, de Jefatura del Estado

B.O.E.: 18-NOV-2003

DESARROLLADA POR:

Desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

REAL DECRETO 1513/2005, de 16 de diciembre, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 17-DIC-2005

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido.

Disposición final primera del REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 23-OCT-2007

Modificación del Anexo III del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido.

Orden PCM/542/2021, de 31 de mayo, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 3-JUN-2021

Modificación del Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental

ORDEN PCM/80/2022, de 7 de febrero, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 10-FEB-2022

Desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 23-OCT-2007

MODIFICADO POR:

Modificación del 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 .

REAL DECRETO 1038/2012, de 6 de julio, del Ministerio de la Presidencia

B.O.E.: 26-JUL-2012

MODIFICADA POR:

Medidas de apoyo a los deudores hipotecarios, de control del gasto público y cancelación de deudas con empresas autónomas contraídas por las entidades locales, de fomento de la actividad empresarial e impulso de la rehabilitación y de simplificación administrativa. (Art.31)

REAL DECRETO-LEY 8/2011, de 1 de julio, de Jefatura del Estado

B.O.E.: 7-JUL-2011

Corrección errores: B.O.E.: 13-JUL-2011

Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición

REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia
B.O.E.: 13-FEB-2008

Evaluación ambiental

LEY 21/2013, de 9 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 11-DIC-2013

MODIFICADA POR:

Modificación de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre de evaluación ambiental

LEY 9/2018, de 5 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 06-DIC-2018

Art.8 del Real Decreto-Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

REAL DECRETO-LEY 23/2020, de 23 de junio, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 24-JUN-2020

Disposición final decimosexta del Real Decreto-Ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra de Ucrania.

REAL DECRETO-LEY 6/2022, de 29 de marzo, de Jefatura del Estado,
B.O.E.: 30-MAR-2022

Modificación de los anexos I, II y III

REAL DECRETO 445/2023, de 13 de junio, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
B.O.E.: 14-JUN-2023

Protección frente a la exposición al radón

Código Técnico de la Edificación. DB-HS6
REAL DECRETO 732/2019, de 20 de diciembre, del Ministerio de Fomento
B.O.E.: 27-DIC-2019

6.3) OTROS

Ley del Servicio Postal Universal, de los derechos de los usuarios y del mercado postal

LEY 43/2010, de 30 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 31-DIC-2010

MODIFICADA POR:

Presupuestos Generales del Estado para el año 2013

LEY 17/2012, de 27 de diciembre, de Jefatura del Estado
B.O.E.: 28-DIC-2012

ANEXO 1:

COMUNIDAD DE MADRID

0) NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

Medidas para la calidad de la edificación

LEY 2/1999, de 17 de marzo, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid
B.O.C.M.: 29-MAR-1999

Regulación del Libro del Edificio

DECRETO 349/1999, de 30 de diciembre, de la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid
B.O.C.M.: 14-ENE-2000

1) INSTALACIONES

Condiciones de las instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales y en particular, requisitos adicionales sobre la instalación de aparatos de calefacción, agua caliente sanitaria, o mixto, y conductos de evacuación de productos de la combustión.

ORDEN 2910/1995, de 11 de diciembre, de la Consejería de Economía y Empleo de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 21-DIC-1995

El contenido de la presente Orden ha quedado desplazado por la regulación de la normativa estatal (RITE) , salvo los apartados Segundo y sexto que continúan en vigor.

AMPLIADA POR:

Ampliación del plazo de la disposición final 2ª de la orden de 11 de diciembre de 1995 sobre condiciones de las instalaciones en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales y, en particular, requisitos adicionales sobre la instalación de aparatos de calefacción, agua caliente sanitaria o mixto, y conductos de evacuación de productos de la combustión

ORDEN 454/1996, de 23 de enero, de la Consejería de Economía y Empleo de la C. de Madrid.

B.O.C.M.: 29-ENE-1996

2) BARRERAS ARQUITECTÓNICAS

Promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas.

LEY 8/1993, de 22 de junio, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.E.: 25-AGO-1993

Corrección errores: 21-SEP-1993

MODIFICADA POR:

Modificación de la Composición del Consejo para la promoción de la accesibilidad y la supresión de barreras, previsto en el artículo 46.2 de la Ley 8/1993, de 22 de junio

LEY 10/1996, de 29 de noviembre, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 28-MAR-1997

Modificación de determinadas especificaciones técnicas de la Ley 8/1993, de 22 de junio, de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas

DECRETO 138/1998, de 23 de julio, de la Consejería de Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 30-JUL-1998

Medidas fiscales y administrativas

LEY 24/1999, de 27 de diciembre, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.E.: 25-FEB-2000

Medidas fiscales y administrativas

LEY 14/2001, de 26 de diciembre, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.E.: 5-MAR-2002

Adaptación normativa de la Comunidad de Madrid a la nueva terminología para referirse a las personas con discapacidad.

LEY 6/2024, de 20 de diciembre, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.E.: 26-DIC-2024

Reglamento Técnico de Desarrollo en Materia de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas

DECRETO 13/2007, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno

B.O.C.M.: 24-ABR-2007

DEROGADAS LAS NORMAS TECNICAS CONTENIDAS EN LA NORMA 1, APARTADO 1.2.2.1 POR:

Establecimiento de los parámetros exigibles a los ascensores en las edificaciones para que reúnan la condición de accesibles en el ámbito de la Comunidad de Madrid

ORDEN de 7 de febrero de 2014, de la Consejería de Transportes, Infraestructuras y Vivienda de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 13-FEB-2014

MODIFICADA LA NORMA TÉCNICA 2 POR:

Modificación de la Norma Técnica 2, aprobada por el Decreto 13/2007, de 15 de marzo, que regula el Reglamento Técnico de Desarrollo en materia de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas

ORDEN de 20 de enero de 2020, de la Consejería de Vivienda y Administración Local de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 31-ENE-2020

MODIFICADO POR:

Art. 15 del Decreto de adaptación de la normativa reglamentaria de la Comunidad de Madrid a la nueva terminología para referirse a las personas con discapacidad.

Decreto 113/2024, de 18 de diciembre, de la Consejería de Presidencia, Justicia y Administración Local de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 19-DIC-2024

Reglamento de desarrollo del régimen sancionador en materia de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas.

DECRETO 71/1999, de 20 de mayo, de la Consejería de Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 28-MAY-1999

3) MEDIO AMBIENTE

Evaluación ambiental

LEY 2/2002, de 19 de junio, de la Presidencia de la Comunidad de Madrid

B.O.E.: 24-JUL-2002

B.O.C.M. 1-JUL-2002

DEROGADA A EXCEPCIÓN DEL TÍTULO IV “EVALUACIÓN AMBIENTAL DE ACTIVIDADES”, LOS ARTÍCULOS 49, 50 Y 72, LA DISPOSICIÓN ADICIONAL SÉPTIMA Y EL ANEXO QUINTO, POR:

Medidas fiscales y administrativas

LEY 4/2014, de 22 de diciembre de 2014

B.O.C.M.: 29-DIC-2014

MODIFICADA POR:

Art. 21 de la Ley 2/2004, de 31 de mayo, de Medidas Fiscales y administrativas

B.O.C.M.: 1-JUN-2004

Art. 20 de la Ley 3/2008, de 29 de diciembre, de Medidas Fiscales y administrativas

B.O.C.M.: 30-DIC-2008

Art. 16 de la Ley 9/2015, de 28 de diciembre, de Medidas Fiscales y administrativas

B.O.C.M.: 31-DIC-2015

Art. 9 de la Ley 11/2022, de 21 de diciembre, de Medidas urgentes para el impulso de la actividad económica y la modernización de la administración de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 22-DIC-2022

Art. 7 de la Ley 7/2024, de 26 de diciembre, de Medidas para un desarrollo equilibrado en materia de medio ambiente y ordenación del territorio

B.O.C.M.: 27-DIC-2024

B.O.E.: 20-MAR-2025

Regulación de la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid

ORDEN 2726/2009, de 16 de julio, de la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 7-AGO-2009

4) ANDAMIOS

Requisitos mínimos exigibles para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de los andamios tubulares utilizados en las obras de construcción

ORDEN 2988/1988, de 30 de junio, de la Consejería de Economía y Empleo de la Comunidad de Madrid

B.O.C.M.: 14-JUL-1998

1.4. DESCRIPCION FORMAL Y FUNCIONAL DE LA ACTUACION A REALIZAR.

El edificio objeto del presente Proyecto de Básico y de Ejecución de reforma e implantación del nuevo Laboratorio, está ubicado en una zona estratégica, dentro del “Área Tecnológica del Sur”, perteneciente al término municipal de Getafe, dentro del “Parque Científico y Tecnológico de la UPM”. La situación del Imdea Materiales en este enclave, le permite estar en relación directa, en con otros centros de Investigación Avanzados, (Centro Tecnológico Aeronáutico, Centro Tecnológico Industrial, y Centro de Recursos Energéticos Minerales y Materiales Avanzados), con el fin último de dotar a la industria de la Comunidad de Madrid, de una completa infraestructura de servicios de I+D+i, que le permitan potenciar su competitividad.

El Instituto, es un edificio singular que permite su identificación como emblema de Tecnogetafe. Por ello, el Edificio fue concebido, por el Arquitecto, D. Juan Manuel Echevarria, de tal forma que su imagen transmita y proyecte los principios de modernidad, tecnología, intercambio e investigación, que rigen des de su creación las actividades de la Fundación. Estos mismos criterios y principios son los que inspiran ahora el proyecto y la implantación de las nuevas instalaciones del Laboratorio de Rayos X.

El resultado formal de la solución propuesta ha estado condicionado por un depurado ejercicio de diseño, en el que han sido tenidas en cuenta las siguientes premisas:

- . Condicionantes de la forma y situación del espacio objeto de la actuación asignado al Proyecto: Superficie, Instalaciones existentes, alturas, iluminación etc.
- . Situación del espacio y su relación con los demás espacios del edificio, Nave de Ensayos, Atrio.
- . Programa de necesidades establecido por IMDEA.

Una vez analizadas las consideraciones planteadas en los puntos anteriores, que describen la situación de partida de la Propuesta y el programa exigido por el IMDEA, se desarrolla la filosofía de la propuesta planteada.

El laboratorio se proyecta, con formas simples y volúmenes limpios, fundamentalmente en función de la posición del nuevo tomógrafo principal y los otros 3 equipos preexistentes que van a ocupar el espacio del laboratorio, así como los diferentes puestos de trabajos necesarios para el trabajo de los investigadores, de tal manera que permitan una lectura y comprensión rápida del mismo, así como de las actividades que en él se desarrollen.

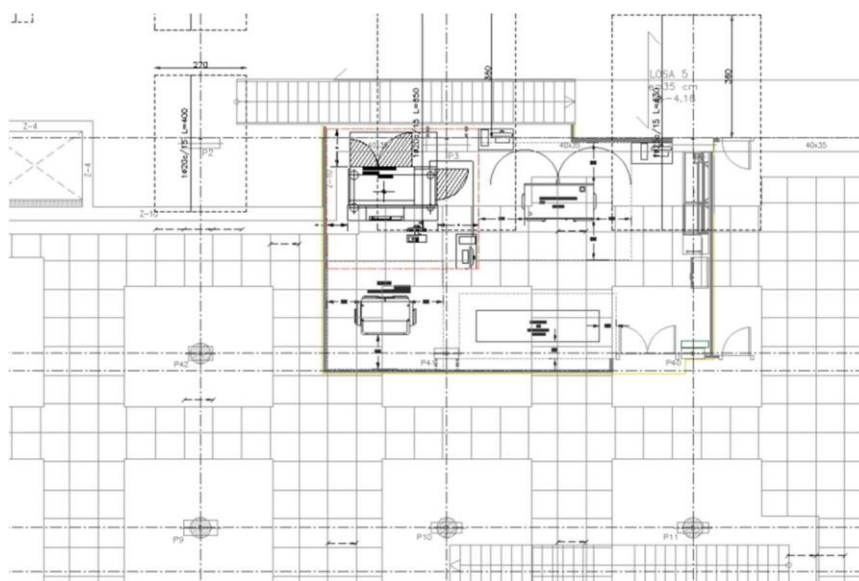
En la elección de los materiales y procesos constructivos del espacio, se han tenido en cuenta en todo momento las premisas de diseño anteriormente descritas.

En su concepción estética y funcional, el laboratorio ha sido diseñado con el fin convertirse en una instalación puntera de esta Línea de Investigación del Instituto, dotándola para ello de todos los medios técnicos, instalaciones necesarias para su tarea investigadora

Desde el inicio de la propuesta, las características técnicas, de tamaño, peso de los diferentes equipos, han generado unos condicionantes de espacio, diseño, uso, propios, que han sido tenidos en cuenta en todo momento en el diseño del Proyecto. Así mismo el estudio profundo de la interrelación entre cada una de estas funciones, ha sido fundamental para conseguir un funcionamiento armónico y coherente de la instalación.

De este criterio de actuación, surge la necesidad de establecer un espacio unitario, que favorezcan la sensación de amplitud, visibilidad y comunicación entre grupos de trabajo de investigación, imprescindibles para el desarrollo de las diferentes tareas que van a simultanearse en el laboratorio.

Dada el peso elevadísimo del nuevo tomógrafo, unido al del resto de equipos, se ha proyectado la actuación con un refuerzo estructural del todo el espacio de la sala, con el fin de adaptar el forjado bidireccional existente en la actualidad, a las nuevas cargas del proyecto. La características y especificaciones técnicas y de ejecución de este refuerzo estructural están descritas en la memoria de estructuras, incluida en este documento y en los planos correspondientes.



Así mismo ha sido preciso adaptar, reforzar las instalaciones existentes, e incluir todas aquellas que son necesarias, para dar servicio a los equipos de Rayos y los diferentes puestos de trabajo, además de las de climatización iluminación electricidad y red de datos. Las características y especificaciones de cada una de estas instalaciones están recogidas en las correspondientes memorias incluidas en este documento y en los planos correspondientes.

El espacio del nuevo laboratorio responde a la necesidad actual de potenciar, como parte fundamental del trabajo, la relación, comunicación e intercambio de conocimiento de las personas en fundamentales en un entorno investigador como este. Su posición en el edificio es por tanto privilegiada, pues tiene acceso, por un lado, a las zonas institucionales más singulares del edificio situadas en el atrio: salón de actos, biblioteca, sala de exposiciones, cafetería, situados a nivel de semisótano y por la fachada que da a la nave de ensayos se va a abrir una nueva puerta para dar acceso a los equipos.

Situada en el mismo nivel de planta semisótano, se halla la Nave de Ensayos, que alberga el taller mecánico y espacios anexos. Se trata de un espacio diáfano a doble altura, con un acceso independiente para camiones de carga y descarga. Hacia el exterior el volumen de la nave adquiere protagonismo al convertirse en el basamento posterior del edificio.

1.5. MEMORIA CONSTRUCTIVA

A este respecto se cumplirá en Proyecto en todo momento con la normativa vigente, en los ámbitos nacional, autonómico y local.

- **Refuerzo estructural**

La construcción de los forjados del edificio está resuelta con estructura tradicional de hormigón armado formada por forjados reticulares y losas según zonas, con pilares de hormigón de secciones convenientes según planos. Vigas planas y vigas de canto según cargas y luces de trabajo existentes. Existen también zonas con losas postesadas.

En el caso de la zona de actuación existe un forjado bidireccional, tal y como se describe mas adelante en la memoria de estructuras. El forjado existente de la sala técnica, cuya sobrecarga de uso, de acuerdo con la documentación estructural disponible del edificio, es de 400 kg/m².

La actuación que se plantea para la instalación del nuevo del laboratorio viene motivada por la instalación de varios equipos cuya carga no se transmite de forma uniformemente repartida, sino mediante apoyos puntuales. Entre ellos destaca el tomógrafo principal, con un peso nominal de **7.600 kg** y seis puntos de apoyo, constituyendo el equipo más desfavorable desde el punto de vista estructural

Con objeto de evitar la transmisión directa de dichas cargas puntuales al forjado existente, se proyecta una **bancada metálica continua de reparto**, concebida como una estructura auxiliar solidaria capaz de recoger las cargas de los equipos y conducir las hacia las líneas resistentes del forjado.

La solución adoptada estará formada, con carácter general, por:

- parejas de perfiles **HEB 100** dispuestas sobre los nervios resistentes del forjado;
- chapa superior continua de acero de **15 mm de espesor**, soldada a los perfiles;
- travesaños, presillas, diafragmas y rigidizadores necesarios para garantizar el trabajo conjunto de la bancada;
- regularización lineal de los apoyos mediante grout estructural sin retracción, únicamente cuando resulte necesario para asegurar el contacto efectivo con el soporte;
- acabado superficial continuo y ligero, compatible con el soporte metálico y sin función estructural.

La bancada se diseña para trabajar como un conjunto solidario, de manera que las cargas puntuales transmitidas por las patas de las máquinas se introduzcan en la chapa superior, se redistribuyan mediante la estructura metálica y se transmitan finalmente a los nervios o capiteles del forjado existente.

Será necesario dejar previstos en los forjados los huecos para el paso de las instalaciones.

- **Albañilería**

- Será necesario proceder en un primer momento al desmontaje del suelo técnico existente en la actualidad en la sala.

Se trata de un pavimento registrable elevado 15 cm sobre el forjado, con baldosas de 60X60 cm, con acabado en revestimiento vinílico homogéneo de la firma Tarkett, modelo “Óptima” con clasificación al fuego M2 en las zonas abiertas de puestos de trabajo y laboratorios.

- Se mantendrá el falso techo existente, retirando únicamente las placas necesarias para el montaje de las nuevas instalaciones.

- Desmontaje de las instalaciones existentes, y que no serán necesarias en la nueva actuación.
- Se va a realizar también el trasdosado en uno de los tabiques del espacio, en el que se van a situar los puestos de trabajo, con el fin de pasar las instalaciones. El trasdosado se realizará con tabique de pladur con aislamiento.
- Apertura del hueco de 2,98x2,5 m en la pared que da a la nave de ensayos para instalar una nueva puerta de acceso a la nave, por donde se introducirán los nuevos equipos en la sala.
- Apertura de huecos de ventanas de iluminación en el muro que da al atrio del edificio, de las dimensiones establecidas en las mediciones del proyecto.

Solados y revestimientos.

- El nuevo pavimento del laboratorio será idéntico al existente en la actualidad en la nave de ensayos. Se trata de un pavimento continuo a base de resinas epoxi QUIMIPOX-SILEXCROM o similar sobre capa de nivelación de mortero de 5 cm. maestreado y fratasado mecánicamente, alisado y pulimentado. Los encuentros con paramentos se resuelven colocando un rodapié de aluminio anodizado de 12 cm de altura.
- Los paramentos verticales y el techo de la sala se revestirán en la parte que queda en bruto después de quitar el falso techo, verticales ser guarnecerán y enlucirán con yeso en toda su altura, y se pintarán con pintura blanca. Las instalaciones quedarán vistas en este caso para facilitar su mantenimiento.
- Reposición si fuera necesario del panelado de madera que reviste el paramento que da al atrio, después de la apertura de huecos de iluminación.

Puertas

- Las puertas definidas como resistentes al fuego se realizarán con doble chapa de acero de 1.50mm de espesor e interiormente con doble capa de lana de roca sobre cerco de chapa plegada. Homologada por el laboratorio de investigación y control del fuego.
- Las puertas dispondrán de los siguientes elementos según su posición y función:
 - Doble bisagra una de ellas con resorte regulable para cierre automático
 - Cerradura de doble llave tipo corta fuego embutida en canto
 - Manillas de acero inoxidable
 - Bocallave de acero inoxidable
 - Cierrapuertas de sobreponer
 - Tope en suelo.

2 ESTRUCTURAS

BANCADA DE APOYO PARA INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

2.1 OBJETO DE LA MEMORIA

La presente memoria tiene por objeto definir y justificar la solución estructural prevista para la implantación de distintos equipos de elevada carga sobre el forjado existente de la sala técnica, cuya sobrecarga de uso, de acuerdo con la documentación estructural disponible del edificio, es de **400 kg/m²**.

La actuación viene motivada por la instalación de varios equipos cuya carga no se transmite de forma uniformemente repartida, sino mediante apoyos puntuales. Entre ellos destaca el tomógrafo principal, con un peso nominal de **7.600 kg** y seis puntos de apoyo, constituyendo el equipo más desfavorable desde el punto de vista estructural.

Con objeto de evitar la transmisión directa de dichas cargas puntuales al forjado existente, se proyecta una **bancada metálica continua de reparto**, concebida como una estructura auxiliar solidaria capaz de recoger las cargas de los equipos y conducirlas hacia las líneas resistentes del forjado.

La solución adoptada estará formada, con carácter general, por:

- parejas de perfiles **HEB 100** dispuestas sobre los nervios resistentes del forjado;
- chapa superior continua de acero de **15 mm de espesor**, soldada a los perfiles;
- travesaños, presillas, diafragmas y rigidizadores necesarios para garantizar el trabajo conjunto de la bancada;
- regularización lineal de los apoyos mediante grout estructural sin retracción, únicamente cuando resulte necesario para asegurar el contacto efectivo con el soporte;
- acabado superficial continuo y ligero, compatible con el soporte metálico y sin función estructural.

La bancada se diseña para trabajar como un conjunto solidario, de manera que las cargas puntuales transmitidas por las patas de las máquinas se introduzcan en la chapa superior, se redistribuyan mediante la estructura metálica y se transmitan finalmente a los nervios o capiteles del forjado existente.

La finalidad de la intervención es:

- evitar apoyos puntuales directos sobre zonas de entrevigado, casetones o elementos no preparados para recibir cargas concentradas;
- repartir las cargas de los equipos entre varias líneas resistentes del forjado;
- limitar concentraciones locales de tensiones;
- reducir el riesgo de fisuración, deformaciones diferenciales o daños en el soporte existente;
- proporcionar una superficie superior continua, nivelada y apta para la implantación de la maquinaria;
- mantener el conjunto dentro del canto máximo disponible de **13 cm**;
- verificar la compatibilidad global y local de la solución con la capacidad resistente del forjado existente.

La presente memoria desarrolla, por tanto, la descripción del forjado, las cargas de los equipos, los criterios de diseño adoptados, la configuración de la bancada metálica, la estimación de su peso propio y las comprobaciones necesarias para justificar la correcta transmisión de cargas al sistema estructural existente.

2.2 ANTECEDENTES Y DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

La presente memoria se redacta a partir de la necesidad de implantar nueva maquinaria técnica de elevado peso sobre un forjado existente del edificio, dentro de una sala destinada a albergar equipos específicos. La instalación prevista modifica de forma significativa las condiciones habituales de uso del forjado, al introducir cargas permanentes concentradas transmitidas mediante patas o apoyos puntuales.

De acuerdo con la información facilitada, el forjado existente dispone en la memoria de cálculo del edificio de una **sobrecarga de uso considerada de 400 kg/m²**. Este valor constituye la referencia inicial para valorar la compatibilidad global de la actuación, si bien debe tenerse en cuenta que dicha sobrecarga corresponde a una acción uniformemente repartida, mientras que los equipos previstos transmiten sus cargas mediante apoyos localizados.

La solución estructural propuesta parte, por tanto, de la necesidad de transformar dichas cargas puntuales en cargas repartidas sobre elementos resistentes del forjado, evitando la transmisión directa sobre zonas de casetón, entrevigado o puntos no específicamente preparados para recibir cargas concentradas.

2.2.1 Documentación de partida considerada

Para la redacción de la presente memoria se han considerado los siguientes datos y documentos de partida:

- Plano de implantación de los equipos en la sala.
- Dimensiones generales de la zona de actuación, con una superficie total considerada de **74,5 m²**.
- Información de la memoria de cálculo existente del edificio, en la que se indica una **sobrecarga de uso del forjado de 400 kg/m²**.
- Pesos de los equipos previstos:
 - Tomógrafo principal: **7.600 kg**.
 - Tomógrafo secundario: **2.500 kg**.
 - Densitómetro: **1.550 kg**.
 - Equipo adicional: **1.000 kg**.
- Criterio de apoyo de los equipos:
 - cuatro apoyos o patas en la mayoría de las máquinas;
 - seis apoyos en el tomógrafo principal, situados en extremos y puntos medios de los lados largos.
- Geometría preliminar del emparrillado metálico de reparto, formada por apoyos mediante doble perfil HEB100.
- Replanteo de las líneas principales del refuerzo, haciéndolas coincidir con los **nervios o capiteles del forjado existente**.

2.2.2 Condicionantes estructurales de partida

El condicionante principal de la actuación es que las máquinas no generan una carga superficial uniforme, sino cargas concentradas de cierta entidad. Por ello, la comparación directa entre el peso total de cada equipo y la superficie que ocupa en planta no resulta suficiente para justificar su apoyo directo sobre el forjado.

La solución debe responder a tres condicionantes fundamentales:

1. **No superar la carga media global compatible con la sobrecarga de uso disponible.**
2. **Evitar la transmisión directa de cargas puntuales al forjado.**

3. **Canalizar las cargas hacia las líneas resistentes existentes**, especialmente nervios y capiteles, mediante una estructura metálica auxiliar de reparto.

En este sentido, se adopta como criterio de diseño la disposición de un emparrillado metálico en el que los perfiles **HEB100** actúan como líneas principales de apoyo y transmisión de carga al forjado.

2.2.3 Alcance de la información disponible

La presente memoria se desarrolla con carácter justificativo de la solución de reparto planteada, tomando como base los datos disponibles de cargas, geometría de sala y sobrecarga de uso indicada en la documentación estructural existente.

No obstante, antes de la ejecución definitiva deberá verificarse in situ:

- la posición real de nervios, capiteles y elementos resistentes del forjado;
- la coincidencia efectiva entre las líneas de los perfiles HEB con los nervios y capiteles del forjado;
- la planeidad y estado superficial del soporte;
- la posición definitiva de las patas de cada máquina;
- la necesidad de disponer elementos de nivelación, placas de contacto o grout estructural sin retracción en zonas concretas.

En consecuencia, la documentación de partida permite definir y justificar el criterio general de refuerzo, sin perjuicio de los ajustes de replanteo que puedan resultar necesarios durante la ejecución para garantizar el contacto efectivo y la correcta transmisión de cargas al forjado existente.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL FORJADO EXISTENTE

El forjado sobre el que se plantea la implantación de la maquinaria corresponde a un elemento estructural existente del edificio, cuya capacidad de uso se encuentra definida en la memoria de cálculo disponible mediante una **sobrecarga de uso de 400 kg/m²**.

A efectos de la presente memoria, y conforme a la información gráfica y técnica disponible, el forjado presenta una configuración con **nervios y capiteles**, por lo que el criterio de refuerzo adoptado se basa en hacer coincidir las líneas principales de transmisión de carga con dichos elementos resistentes, evitando que las cargas concentradas de la maquinaria se transmitan directamente sobre zonas de entrevigado, casetones o áreas no preparadas para recibir esfuerzos puntuales elevados.

La zona objeto de actuación tiene una superficie total aproximada de **74,5 m²**, dentro de la cual se dispondrá el emparrillado metálico de reparto. La solución propuesta no se apoya de forma indiscriminada sobre toda la superficie del forjado, sino que concentra la transmisión resistente en las líneas principales formadas por perfiles metálicos, replanteadas sobre los nervios o capiteles existentes.

2.3.1 Tipología y comportamiento resistente

El forjado existente debe entenderse como un sistema estructural capaz de admitir cargas distribuidas de uso, conforme a la sobrecarga indicada en la memoria de cálculo. Sin embargo, la instalación prevista introduce una situación distinta a la de uso ordinario, al tratarse de maquinaria pesada apoyada sobre patas.

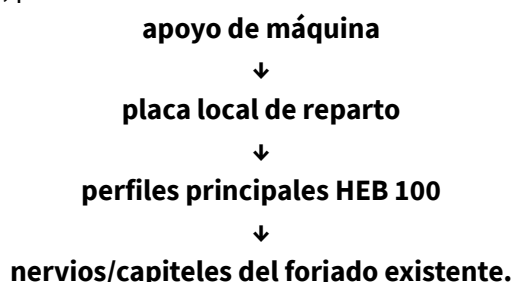
Por este motivo, el comportamiento resistente relevante no es únicamente la capacidad global del forjado frente a carga superficial repartida, sino también la forma en que las cargas se introducen en el sistema estructural.

La actuación prevista evita que cada pata de máquina trabaje como una carga puntual aislada sobre el forjado, transformando dichas acciones en cargas repartidas mediante una estructura metálica auxiliar.

2.3.2 Nervios, capiteles y líneas resistentes

La solución de refuerzo se ha planteado haciendo coincidir la malla principal con los **nervios o capiteles del forjado existente**, que constituyen las zonas más adecuadas para recibir la transmisión de cargas.

En este sentido, los perfiles se consideran los elementos principales de apoyo y transmisión de carga al forjado. Estos perfiles apoyan sobre las líneas resistentes existentes. La secuencia resistente prevista es, por tanto:



2.3.3 Criterio de apoyo sobre el forjado

El criterio adoptado consiste en evitar apoyos puntuales o aleatorios sobre el forjado existente. La transmisión de cargas se realizará de forma controlada a través de las líneas principales de HEB100, reduciendo la incidencia de las cargas sobre zonas intermedias del forjado.

Este planteamiento permite:

- conducir las cargas hacia elementos resistentes identificados;
- evitar concentraciones locales sobre casetones o zonas de entrevigado;
- mejorar el reparto entre varios nervios o capiteles;
- reducir el riesgo de fisuración localizada;
- limitar deformaciones diferenciales bajo la maquinaria.

La estructura metálica propuesta no debe entenderse como un simple recreado o pavimento técnico, sino como un **sistema estructural auxiliar de reparto**, destinado a

2.4 EQUIPOS PREVISTOS Y CARGAS CONSIDERADAS

La intervención prevista contempla la implantación de varios equipos técnicos de peso significativo sobre el forjado existente. Dichos equipos no transmiten sus cargas de forma uniformemente repartida sobre la superficie de la sala, sino mediante apoyos localizados, materializados en patas situadas en los extremos de cada máquina, salvo en el caso del tomógrafo principal, que dispone de seis puntos de apoyo.

A efectos de la presente memoria, se consideran los pesos facilitados para cada equipo y se adopta, con criterio prudente, un incremento del **10%** sobre dichos valores, con objeto de contemplar posibles tolerancias de peso, accesorios, elementos auxiliares de instalación o incertidumbres propias de la fase de implantación.

2.4.1 Relación de equipos previstos

Los equipos considerados son los siguientes:

Equipo	Peso nominal	Peso considerado +10%
Tomógrafo principal	7.600 kg	8.360 kg
Tomógrafo secundario	2.500 kg	2.750 kg
Densitómetro	1.550 kg	1.705 kg
Equipo adicional	1.000 kg	1.100 kg
Total maquinaria	12.650 kg	13.915 kg

Por tanto, la carga total de maquinaria considerada para el dimensionamiento preliminar de la solución de reparto asciende a:

$$P_{maq} = 13.915 \text{ kg}$$

equivalente aproximadamente a:

$$P_{maq} = 136,5 \text{ kN}$$

considerando $1 \text{ kg} \approx 9,81 \text{ N}$.

2.4.2 Forma de apoyo de los equipos

La forma de transmisión de las cargas al forjado es determinante para justificar la necesidad del refuerzo. Según la información disponible, los equipos se apoyan de la siguiente forma:

Equipo	Nº de apoyos	Disposición de apoyos
Tomógrafo principal	6	Extremos y punto medio de los lados largos
Tomógrafo secundario	4	Patatas en extremos
Densitómetro	4	Patatas en extremos
Equipo adicional	4	Patatas en extremos

En consecuencia, la carga no debe interpretarse como uniformemente distribuida sobre la huella en planta de cada equipo, sino como un conjunto de **acciones concentradas** transmitidas a través de puntos de apoyo concretos.

2.4.3 Cargas puntuales por apoyo

Aplicando el incremento del 10% indicado, las cargas transmitidas por cada apoyo resultan:

Equipo	Peso considerado	Nº de apoyos	Carga por apoyo
Tomógrafo principal	8.360 kg	6	1.393 kg/apoyo
Tomógrafo secundario	2.750 kg	4	688 kg/apoyo
Densitómetro	1.705 kg	4	426 kg/apoyo
Equipo adicional	1.100 kg	4	275 kg/apoyo

En términos de fuerza vertical aproximada:

Equipo	Carga por apoyo	Carga por apoyo aproximada
Tomógrafo principal	1.393 kg/apoyo	13,66 kN/apoyo
Tomógrafo secundario	688 kg/apoyo	6,75 kN/apoyo
Densitómetro	426 kg/apoyo	4,18 kN/apoyo
Equipo adicional	275 kg/apoyo	2,70 kN/apoyo

El caso más desfavorable corresponde al **tomógrafo principal**, con una carga del orden de **1.393 kg por apoyo**, lo que justifica especialmente la necesidad de disponer una estructura auxiliar que recoja dichos puntos y los derive hacia líneas resistentes del forjado.

2.4.4 Consideración frente a la sobrecarga de uso del forjado

La documentación estructural disponible establece para el forjado una **sobrecarga de uso de 400 kg/m²**. No obstante, dicha magnitud corresponde a una carga superficial distribuida y no resulta directamente equiparable a las cargas puntuales introducidas por las patas de los equipos.

Por ello, la comprobación de la actuación debe realizarse bajo un doble criterio:

1. **Comprobación global**, verificando que el peso total de maquinaria, estructura auxiliar y elementos asociados no supera la carga media equivalente compatible con la sobrecarga de uso disponible.
2. **Comprobación del modo de transmisión**, garantizando que las cargas puntuales no se aplican directamente sobre el forjado, sino que se reparten previamente mediante el emparrillado metálico proyectado.

La carga total de maquinaria considerada, incluyendo el incremento del 10%, asciende a **13.915 kg**. Sobre el área total de actuación de **74,5 m²**, dicha carga equivaldría, considerada de forma global, a:

$$q_{maq} = 13.915/74,5 = 184,31 \text{ kg} / \text{m}^2$$

Este valor se sitúa por debajo de la sobrecarga de uso de **400 kg/m²**. Sin embargo, esta comparación solo es válida como comprobación global, ya que la maquinaria no descarga uniformemente sobre toda la sala. Por este motivo, se proyecta una estructura metálica de reparto que transforma las cargas concentradas de los apoyos en cargas distribuidas hacia las líneas principales del forjado.

2.4.5 Criterio adoptado para el dimensionamiento

Para el dimensionamiento de la solución se adoptan las siguientes cargas de referencia:

Concepto	Valor considerado
Peso total nominal de maquinaria	12.650 kg
Peso total de maquinaria +10%	13.915 kg
Área total de actuación	74,5 m ²
Sobrecarga de uso disponible	400 kg/m ²
Carga máxima equivalente sobre el área total	29.8000 kg

La carga máxima equivalente asociada a la sobrecarga de uso disponible sería:

$$74,5 \text{ m}^2 \times 400 \text{ kg/m}^2 = 29.800 \text{ kg}$$

Por tanto, existe margen global suficiente para incorporar una estructura auxiliar de reparto, siempre que su peso propio, sumado al de la maquinaria, se mantenga dentro de la carga media equivalente admisible y, especialmente, que la transmisión se produzca de forma controlada sobre las líneas resistentes del forjado.

En consecuencia, los valores anteriores se emplean como base para definir el emparrillado metálico de reparto, formado por perfiles HEB 100, con el criterio de que los perfiles coincidan con nervios o capiteles del forjado existente y sean los encargados de canalizar la carga hacia la estructura resistente.

2.5 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN SIN REFUERZO

La implantación directa de los equipos sobre el forjado existente, sin disponer una estructura auxiliar de reparto, supondría la transmisión de cargas puntuales de elevada magnitud a través de las patas de apoyo de cada máquina. Esta situación no resulta directamente comparable con la sobrecarga de uso indicada en la memoria de cálculo del edificio, ya que dicha sobrecarga corresponde a una acción superficial uniformemente repartida.

En consecuencia, aunque la carga total de maquinaria considerada sobre el conjunto de la sala pueda resultar compatible desde un punto de vista global con la sobrecarga de uso de **400 kg/m²**, la forma real de transmisión de las cargas hace necesario analizar el problema desde el punto de vista local.

2.5.1 Diferencia entre carga repartida y carga puntual

La memoria de cálculo del edificio establece una sobrecarga de uso de:

$$q = 400 \text{ kg/m}^2$$

Este valor representa una carga distribuida sobre la superficie del forjado. Sin embargo, los equipos previstos no apoyan sobre toda su huella en planta, sino mediante patas situadas en puntos concretos. Por tanto, sin refuerzo, la secuencia de transmisión de cargas sería:

pata de máquina → pavimento/recruido → forjado existente

Esta forma de apoyo genera concentraciones locales de carga que pueden afectar a zonas puntuales del forjado, especialmente si alguna pata queda situada sobre casetones, entrevigados, zonas no coincidentes con nervios o áreas alejadas de capiteles.

La comprobación no debe limitarse, por tanto, a dividir el peso de cada equipo entre su superficie en planta, ya que esa no es la forma real de transmisión de la carga.

2.5.2 Cargas puntuales generadas por los equipos

Considerando los pesos de los equipos incrementados en un **10%**, las cargas puntuales transmitidas por cada apoyo serían las siguientes:

Equipo	Peso considerado	Nº de apoyos	Carga por apoyo
Tomógrafo principal	8.360 kg	6	1.393 kg/apoyo
Tomógrafo secundario	2.750 kg	4	688 kg/apoyo
Densitómetro	1.705 kg	4	426 kg/apoyo
Equipo adicional	1.100 kg	4	275 kg/apoyo

El caso más desfavorable corresponde al tomógrafo principal, con cargas próximas a **1.400 kg por punto de apoyo**. Esta magnitud, aplicada directamente sobre el pavimento o sobre una zona reducida del forjado, no puede asimilarse a una sobrecarga uniforme de uso.

2.5.3 Superficie equivalente necesaria por apoyo

Si se pretendiera transformar cada apoyo puntual en una carga equivalente limitada a **400 kg/m²**, cada pata necesitaría movilizar, de forma teórica, las siguientes superficies mínimas:

Equipo	Carga por apoyo	Superficie equivalente a 400 kg/m ²
Tomógrafo principal	1.393 kg/apoyo	3,48 m ² /apoyo
Tomógrafo secundario	688 kg/apoyo	1,72 m ² /apoyo
Densitómetro	426 kg/apoyo	1,07 m ² /apoyo
Equipo adicional	275 kg/apoyo	0,69 m ² /apoyo

Estos valores evidencian que una simple placa aislada bajo cada pata no resulta suficiente para justificar un reparto efectivo de cargas, salvo que dicha placa estuviera integrada en un sistema estructural rígido capaz de transmitir los esfuerzos a una superficie mayor o a varias líneas resistentes del forjado.

Por ejemplo, una placa local de pequeñas dimensiones podría reducir la presión inmediata sobre el pavimento, pero no garantizaría por sí sola que la carga alcance varios nervios o capiteles. Para ello es necesario un elemento estructural de reparto con continuidad y rigidez suficiente.

2.5.4 Comprobación global sin considerar reparto local

Si se divide el peso total de la maquinaria entre la superficie completa de la actuación, la carga media equivalente resulta:

Desde un punto de vista exclusivamente global, la carga de maquinaria incrementada en un 10% asciende a:

$$P_{maq} = 13.915 \text{ kg}$$

Sobre una superficie total de actuación de:

$$A = 74,5 \text{ m}^2$$

la carga media equivalente sería:

$$q_{maq} = 13.915/74,5 = 186,77 \text{ kg/m}^2$$

Este valor es inferior a la sobrecarga de uso de **400 kg/m²**. No obstante, esta comprobación únicamente indica que el peso total de la maquinaria, considerado de forma global sobre la sala, no agota la sobrecarga disponible.

Sin embargo, en ausencia de refuerzo, dicha carga no se reparte de forma uniforme sobre los **74,5 m²**, sino que se introduce en el forjado mediante apoyos puntuales. Por ello, la comprobación global resulta necesaria, pero no suficiente.

2.5.5 Riesgos asociados al apoyo directo

La disposición directa de las máquinas sobre el forjado existente, sin emparrillado de reparto, podría generar los siguientes efectos desfavorables:

- concentración de cargas en zonas reducidas del forjado;
- apoyo accidental sobre casetones o zonas de entrevigado;
- fisuración localizada en pavimentos, recrecidos o capa de compresión;

- deformaciones diferenciales bajo las máquinas;
- transmisión no controlada de cargas hacia elementos no previstos para recibir apoyos puntuales;
- incompatibilidad entre la rigidez requerida por los equipos y el comportamiento local del soporte;
- incertidumbre sobre el reparto real de esfuerzos hacia nervios y capiteles.

Debe destacarse que la finalidad del refuerzo no es únicamente reducir la carga media global, sino controlar la forma en que las cargas llegan al forjado existente.

2.5.6 Necesidad de una solución de reparto

A la vista de lo anterior, se considera necesario disponer una estructura auxiliar que actúe como elemento intermedio entre las patas de las máquinas y el forjado existente.

La solución debe permitir que la transmisión resistente pase de ser:

pata de máquina
↓
carga puntual directa sobre forjado

a ser:

pata de máquina
↓
placa de reparto
↓
perfiles principales
↓
nervios/capiteles del forjado

De este modo, las cargas puntuales se redistribuyen previamente antes de llegar al forjado, evitando concentraciones locales y canalizando los esfuerzos hacia las zonas estructuralmente más adecuadas.

En consecuencia, la situación sin refuerzo no se considera adecuada para la implantación directa de los equipos, especialmente por la magnitud de las cargas puntuales del tomógrafo principal. La solución mediante emparrillado metálico de reparto resulta necesaria para compatibilizar la instalación de la maquinaria con la capacidad de uso indicada para el forjado existente.

2.6 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución se plantea como una bancada metálica continua destinada a recoger las cargas de los equipos y conducir las hacia las líneas resistentes del forjado existente. Su función no es aumentar de forma genérica la capacidad del forjado, sino modificar la manera en la que las cargas llegan a él, evitando que el peso de las máquinas se concentre directamente bajo sus patas.

La bancada ocupará una superficie aproximada de **74,50 m²** y estará formada por **ocho líneas principales**, constituidas cada una por una pareja de perfiles **HEB 100 de 11,11 m de longitud**, dispuestas sobre los nervios del forjado. Sobre estas líneas se colocará una chapa continua de acero de **15 mm de espesor**, soldada a los perfiles y complementada con los travesaños, diafragmas y rigidizadores necesarios.

2.6.1 Objetivo resistente de la intervención

El objetivo principal de la solución es transformar las cargas concentradas transmitidas por las patas de las máquinas en cargas repartidas sobre líneas resistentes del forjado.

Sin refuerzo, cada apoyo de máquina descargaría de forma localizada sobre el pavimento o sobre el forjado existente. Con la solución propuesta, la carga se redistribuye previamente a través de una parrilla metálica, de forma que la transmisión final al forjado se produce mediante los perfiles coincidentes con nervios o capiteles.

2.6.2 Criterio de reparto global de cargas

La superficie total considerada para la actuación es de:

$$A = 74,5 \text{ m}^2$$

La sobrecarga de uso indicada en la memoria de cálculo del edificio es de:

$$q = 400 \text{ kg/m}^2$$

Por tanto, la carga global equivalente asociada a dicha superficie es:

$$74,5 \times 400 = 29.800 \text{ kg}$$

Este valor se utiliza como referencia global de compatibilidad de la actuación.

La maquinaria prevista, considerando un incremento del **10%** sobre los pesos nominales, supone una carga total de:

$$P_{maq} = 13.915 \text{ kg}$$

A esta carga debe añadirse el peso propio de la estructura metálica auxiliar, formada por perfiles HEB100, placas locales de reparto, elementos de unión y posibles elementos auxiliares de reparto.

El criterio de diseño adoptado consiste en que la suma de:

maquinaria + estructura metálica auxiliar + elementos de reparto

se mantenga por debajo de la carga global equivalente correspondiente a la sobrecarga de uso de **400 kg/m²**.

No obstante, esta comprobación global se considera necesaria pero no suficiente, ya que el aspecto determinante es asegurar que las cargas se transmiten de forma ordenada hacia los elementos resistentes del forjado.

2.6.3 Criterio de coincidencia con nervios y capiteles

Las líneas del emparrillado se han replanteado para coincidir, en la medida de lo posible, con los **nervios o capiteles del forjado existente**.

Este criterio resulta esencial, ya que los perfiles son los elementos que efectivamente transmiten la carga al forjado. Por tanto, su posición no se define únicamente por criterios geométricos o de modulación de la sala, sino por la necesidad de apoyar sobre las zonas estructuralmente más favorables.

La finalidad de esta disposición es:

- evitar la descarga directa sobre zonas de entrevigado o casetón;
- movilizar elementos resistentes principales del forjado;
- repartir las cargas entre varias líneas estructurales;
- reducir la concentración local de esfuerzos;
- mejorar el comportamiento frente a deformaciones diferenciales.

En caso de que durante el replanteo se detecten desviaciones entre la posición prevista y la posición real de los nervios o capiteles, deberá ajustarse la disposición de los perfiles principales para mantener este criterio.

2.6.4 Criterio de apoyo de los perfiles

Cada línea principal estará formada por **dos HEB 100 dispuestos en paralelo**. Ambos perfiles deberán quedar a la misma cota y apoyar simultáneamente sobre la zona resistente correspondiente.

Dado que el ancho conjunto de la pareja es de aproximadamente **200 mm** y el nervio tiene un ancho nominal de **160 mm**, los perfiles se centrarán respecto del eje del nervio. A efectos de apoyo directo no se considerará inicialmente un ancho efectivo superior al del propio nervio, salvo que se compruebe la capacidad de reparto transversal de la capa de compresión y del hormigón existente.

Para evitar apoyos parciales, balanceos o concentraciones producidas por irregularidades del soporte, se procederá a:

1. retirar pavimentos, recrecidos débiles y elementos no resistentes;
2. limpiar y preparar las líneas de apoyo;
3. comprobar las cotas mediante nivelación;
4. colocar calzos metálicos cuando resulte necesario;
5. ejecutar una cama lineal de grout estructural sin retracción de reducido espesor;
6. verificar el contacto simultáneo de los dos perfiles.

La regularización tendrá únicamente la función de garantizar el asiento y no se considerará como una capa general de reparto.

2.6.5 Criterio frente a cargas puntuales de maquinaria

Las patas de los equipos no deberán descargar directamente sobre el acabado superficial. Las cargas se introducirán en la chapa superior de acero y, desde ella, en el entramado metálico.

En la zona del tomógrafo principal, debido a la magnitud de las cargas, se dispondrán refuerzos específicos bajo los seis apoyos mediante una combinación de:

- rigidizadores verticales;
- travesaños entre líneas principales;
- diafragmas de unión entre los dos HEB 100;
- refuerzos locales de la chapa, si resultan necesarios;
- soldaduras dimensionadas para transmitir las reacciones.

La posición de los refuerzos deberá ajustarse a la ubicación definitiva de las patas. Siempre que sea posible, cada apoyo se situará próximo a un travesaño o a una intersección resistente, evitando que descargue en el centro de un paño de chapa sin apoyo próximo.

La chapa de 15 mm se considerará parte del sistema resistente, pero su capacidad de reparto deberá comprobarse teniendo en cuenta las luces reales entre perfiles, la posición de las cargas y la continuidad de las uniones.

2.6.6 Criterio de limitación de deformaciones diferenciales

Además de la comprobación resistente, la solución se diseña para limitar deformaciones diferenciales bajo la maquinaria.

Este aspecto es especialmente importante al tratarse de equipos técnicos pesados, cuyo correcto funcionamiento puede verse afectado por asentos, flechas locales o diferencias de rigidez entre apoyos.

La malla metálica permite aumentar la rigidez del sistema de apoyo, haciendo que las cargas se redistribuyan entre varios perfiles y evitando que cada pata trabaje de forma independiente sobre el forjado.

Por tanto, la solución propuesta no solo reduce la concentración de cargas, sino que mejora la uniformidad del apoyo y la estabilidad geométrica de la implantación.

2.6.7 Criterio de mínima afección al forjado existente

La solución se plantea como una estructura auxiliar de reparto, evitando intervenciones agresivas sobre el forjado existente.

Se prioriza una actuación reversible y controlada, basada en:

- apoyo sobre líneas resistentes identificadas;
- reparto mediante estructura metálica;
- regularización puntual en caso necesario;
- ausencia de cargas puntuales directas;
- minimización de perforaciones o actuaciones invasivas sobre el forjado.

Cualquier fijación mecánica al soporte, si fuera necesaria por razones de estabilidad, montaje o desplazamiento horizontal, deberá definirse de forma compatible con la geometría del forjado y evitando afecciones a armaduras, nervios o zonas sensibles.

2.6.8 Criterio de ejecución y control

La validez de la solución depende en gran medida de que la bancada se ejecute de acuerdo con el esquema resistente previsto. Por ello se establecen, como mínimo, los siguientes controles:

- levantamiento de cotas y localización de los nervios;
- comprobación del estado del hormigón en las líneas de apoyo;

- control dimensional de perfiles y chapa;
- nivelación de las parejas de HEB 100;
- comprobación del contacto efectivo con el soporte;
- inspección de soldaduras;
- comprobación de travesaños, presillas, diafragmas y rigidizadores;
- verificación de la posición de los apoyos de las máquinas;
- control del espesor y continuidad del acabado;
- revisión final antes de la puesta en servicio.

No se permitirá el apoyo definitivo de las máquinas hasta comprobar que la bancada está terminada, nivelada y con todas sus uniones ejecutadas.

El traslado de los equipos hasta su posición final deberá considerarse una fase específica de montaje. Se definirá previamente el recorrido y se evitará que carros, rodillos, gatos o elementos auxiliares transmitan cargas puntuales directamente al forjado fuera de la zona reforzada.

2.7 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL PROPUESTA

La solución proyectada consiste en una bancada metálica continua de aproximadamente **74,50 m²**, destinada a recoger las cargas puntuales de los equipos, repartirlas entre varias líneas resistentes y transmitir las de forma controlada a los nervios y capiteles del forjado existente.

La bancada estará formada por **ocho líneas principales de apoyo**, compuesta cada una por **dos perfiles HEB 100 de 11,11 m de longitud**, dispuestos en paralelo sobre los nervios del forjado. Sobre estas líneas se colocará una chapa continua de acero de **15 mm de espesor**, soldada a las alas superiores de los perfiles.

La chapa proporcionará una superficie continua para la implantación de la maquinaria y permitirá que las cargas de las patas no se transmitan únicamente al perfil situado inmediatamente debajo, sino que puedan redistribuirse hacia las líneas próximas mediante el trabajo conjunto de la plataforma.

La solución se completará con travesaños, diafragmas y rigidizadores en las zonas necesarias, especialmente bajo los apoyos del tomógrafo principal y de los equipos de mayor peso.

2.7.1 Configuración general del emparrillado

La estructura de reparto se organiza mediante ocho líneas longitudinales, dispuestas conforme a la geometría de los nervios del forjado existente.

Cada línea estará constituida por dos perfiles HEB 100 colocados en paralelo. La longitud prevista de cada pareja será de **11,11 m**, por lo que la medición total de perfiles será:

$$8 \times 2 \times 11,11 = 177,76 \text{ m}$$

Sobre las ocho parejas se dispondrá una chapa continua de acero de 15 mm, soldada a las alas superiores de los perfiles. La unión entre chapa y perfiles deberá garantizar la transmisión de esfuerzos y el comportamiento solidario del conjunto.

La plataforma se completará con elementos transversales entre las líneas principales. Estos elementos tendrán como función mantener la separación y alineación entre los perfiles, estabilizar las parejas de HEB 100, repartir transversalmente las cargas, reducir la luz libre de la chapa y mejorar la rigidez general de la bancada.

La disposición exacta de los travesaños se ajustará a la posición definitiva de las máquinas y de sus apoyos. En las zonas sin cargas concentradas podrá utilizarse una separación regular, mientras que bajo los equipos más pesados se reforzará la malla.

El conjunto tendrá un canto compatible con los **13 cm disponibles**, considerando la regularización inferior localizada, los perfiles HEB 100 de 100 mm de canto, la chapa superior de 15 mm y el sistema superficial de acabado de reducido espesor.

2.7.2 Perfiles principales HEB 100

Las líneas principales estarán formadas por parejas de perfiles HEB 100 de acero estructural, dispuestas sobre los nervios del forjado.

La utilización de dos perfiles por línea responde a la necesidad de aumentar la rigidez longitudinal de la bancada, proporcionar una base más estable para la chapa superior, mejorar el comportamiento frente a las cargas puntuales, reducir las deformaciones y facilitar la transmisión de las cargas hacia los nervios.

Los dos perfiles de cada pareja no se considerarán elementos independientes. Se unirán entre sí y a la chapa superior mediante presillas, diafragmas y soldaduras, de modo que trabajen conjuntamente.

La medición prevista será de **16 perfiles HEB 100 de 11,11 m**, con una longitud total de **177,76 m**.

Tomando como referencia un peso teórico aproximado de **20,4 kg/m**, el peso de los perfiles principales será:

$$177,76 \times 20,4 = 3.626 \text{ kg}$$

Por tanto, las ocho líneas de doble HEB 100 aportarán un peso propio aproximado de **3,63 t**, sin incluir travesaños, diafragmas, rigidizadores ni chapa superior.

Los perfiles deberán suministrarse rectos, sin deformaciones apreciables y con las alas superiores correctamente niveladas antes de colocar la chapa.

2.7.3 Apoyo sobre nervios y capiteles del forjado

Las parejas de HEB 100 se dispondrán siguiendo las líneas de los nervios resistentes del forjado existente. Siempre que la geometría lo permita, su trazado se aproximará además a capiteles, vigas, pilares o zonas de mayor rigidez.

Antes de iniciar la fabricación definitiva de la bancada deberá comprobarse en obra la posición real de los nervios. Esta comprobación podrá realizarse mediante la documentación estructural disponible, inspección directa tras retirar los acabados y, cuando existan dudas, mediante métodos de detección no destructiva.

Cada pareja de HEB 100 tendrá un ancho total aproximado de **200 mm**, mientras que el nervio presenta un ancho nominal de **160 mm**. Los perfiles se colocarán centrados respecto del eje del nervio, resultando un vuelo aproximado de 20 mm a cada lado.

A efectos de transmisión directa de cargas, se considerará inicialmente como ancho efectivo el correspondiente al nervio. No se atribuirá capacidad resistente adicional a las zonas laterales sin comprobar previamente el espesor, armado y capacidad de reparto transversal de la capa de compresión.

En las zonas próximas a capiteles, la mayor rigidez del forjado favorecerá el reparto de cargas. No obstante, la posición de cada línea deberá adaptarse a la geometría real, evitando apoyos parciales sobre huecos, elementos aligerantes o zonas deterioradas.

2.7.4 Rigidizadores bajo apoyos de maquinaria

Las cargas de las máquinas se transmiten mediante patas situadas en posiciones concretas. Por ello, la chapa superior no deberá trabajar aisladamente frente a estas acciones, especialmente en el entorno del tomógrafo principal.

Bajo los apoyos de los equipos se dispondrán rigidizadores y travesaños capaces de conducir las cargas desde la chapa hacia las parejas de HEB 100 más próximas.

En el caso del tomógrafo principal, con seis apoyos y una carga considerada aproximada de **1.393 kg por apoyo**, se preverán refuerzos específicos en cada punto. La solución podrá

incluir rigidizadores verticales soldados bajo la chapa, travesaños entre parejas contiguas de HEB 100, diafragmas entre los dos perfiles de una misma línea, chapas inferiores de refuerzo local y aumento localizado de la longitud o espesor de las soldaduras.

La disposición de estos elementos deberá ajustarse a las coordenadas definitivas de las patas. Se procurará que cada apoyo quede próximo a un travesaño o a una línea principal, evitando que la carga se aplique en el centro de un paño de chapa con una luz excesiva.

Los rigidizadores deberán asegurar una transmisión directa y progresiva de la carga, evitando deformaciones locales de la chapa y diferencias de asiento entre las patas.

2.7.5 Contacto con el forjado existente

Para que la bancada funcione conforme al esquema previsto es necesario garantizar un contacto efectivo entre las parejas de HEB 100 y los nervios del forjado.

La superficie existente se preparará retirando pavimentos, recrecidos, adhesivos y cualquier material que no tenga capacidad suficiente para recibir las cargas.

Una vez expuesto el soporte, se realizará un levantamiento de cotas que permita identificar irregularidades, resaltes o diferencias de nivel. Los puntos altos se corregirán mediante desbaste o preparación mecánica, evitando elevar innecesariamente la bancada.

Cuando la planeidad no permita un apoyo simultáneo y continuo de los perfiles, se emplearán calzos metálicos y una **regularización lineal mediante grout estructural sin retracción**.

El grout se dispondrá únicamente bajo las líneas de apoyo y tendrá el menor espesor compatible con la nivelación del conjunto. Con carácter general, se procurará mantenerlo en el entorno de **5 a 8 mm**, evitando espesores superiores salvo que el producto utilizado y el detalle de ejecución los permitan.

La regularización no se considerará una capa independiente de reparto, sino un medio para eliminar vacíos y asegurar que ambos perfiles de cada pareja entren en carga de forma simultánea.

Antes de colocar la chapa superior deberá comprobarse la cota de las ocho líneas, la horizontalidad de las alas superiores, el contacto de ambos perfiles con el soporte, la ausencia de balanceos, la estabilidad provisional de la estructura y la correcta posición respecto de los nervios.

2.7.6 Funcionamiento estructural previsto

La bancada trabajará como una plataforma metálica solidaria formada por la chapa superior, las parejas longitudinales de HEB 100 y los elementos transversales de rigidización.

La chapa de 15 mm recogerá directamente las reacciones de las patas de los equipos. Debido a su continuidad y a su unión soldada con los perfiles, las cargas se repartirán hacia las líneas principales más próximas y, en menor medida, hacia las líneas contiguas.

Los travesaños y rigidizadores evitarán que el reparto dependa exclusivamente de la flexión de la chapa y facilitarán la transmisión de esfuerzos entre las diferentes líneas.

El recorrido resistente previsto será:

patas de las máquinas → chapa superior continua → rigidizadores y travesaños → parejas de HEB 100 → nervios y capiteles del forjado existente

La carga no se distribuirá de forma idéntica entre las ocho líneas. Las parejas más próximas a cada equipo recibirán una proporción mayor, mientras que las líneas alejadas participarán en función de la rigidez de la chapa, de los travesaños y del conjunto de la bancada.

Por este motivo, la comprobación estructural deberá considerar la posición real de las máquinas y no limitarse a dividir el peso total entre el área completa de la plataforma.

El sistema deberá verificarse frente a la resistencia de la chapa bajo cargas puntuales, la flexión de los perfiles principales, la resistencia de travesaños y rigidizadores, la capacidad de las soldaduras, la presión de contacto sobre los nervios, las deformaciones locales y globales, las diferencias de asiento entre patas y el comportamiento durante el traslado y montaje de los equipos.

La solución proporciona una superficie continua y nivelada, pero su función principal es estructural: recoger cargas concentradas y transmitir las de forma ordenada a las líneas resistentes existentes, evitando que las patas de las máquinas actúen directamente sobre zonas puntuales del forjado.

2.8 MEDICIÓN Y PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

El peso propio de la bancada constituye una parte relevante de la carga permanente añadida al forjado. Por este motivo, su determinación debe realizarse diferenciando entre los elementos principales, cuya geometría está ya definida, y los elementos auxiliares, cuya medición definitiva dependerá del despiece de taller y de la posición exacta de los apoyos de las máquinas.

La estructura metálica está formada por ocho líneas longitudinales de doble HEB 100, una chapa superior continua de acero de 15 mm de espesor y los rigidizadores, travesaños, diafragmas y elementos de unión necesarios para asegurar el comportamiento solidario de la bancada.

2.8.1 Medición de perfiles HEB 100

Cada una de las ocho líneas principales estará formada por dos perfiles HEB 100 de 11,11 m de longitud. En total se dispondrán, por tanto, dieciséis perfiles:

$$N = 8 \times 2 = 16 \text{ perfiles}$$

La longitud total de HEB 100 será:

$$L_{HEB} = 16 \times 11,11 = 177,76 \text{ m}$$

Adoptando para el perfil HEB 100 un peso teórico de **20,4 kg/m**, el peso total de los perfiles principales resulta:

$$P_{HEB} = 177,76 \times 20,4 = 3.626,30 \text{ kg}$$

Por tanto, el conjunto de las ocho líneas de doble HEB 100 aporta un peso propio aproximado de:

$$P_{HEB} \approx 3.626 \text{ kg}$$

equivalente a:

$$P_{HEB} \approx 35,6 \text{ kN}$$

Referido a la superficie total de actuación, de 74,50 m², el peso de los perfiles supone una carga media equivalente de:

$$q_{HEB} = \frac{3.626}{74,50} = 48,67 \text{ kg/m}^2$$

Este valor corresponde únicamente a los perfiles longitudinales principales y no incluye todavía la chapa superior ni los elementos auxiliares de rigidización.

2.8.2 Rigidizadores y elementos auxiliares

La bancada se completará con travesaños entre líneas principales, diafragmas entre los dos perfiles de cada pareja, rigidizadores bajo los apoyos de las máquinas, presillas, placas de unión, soldaduras y pequeños elementos auxiliares de montaje.

La medición exacta de estos componentes deberá obtenerse a partir del despiece definitivo de taller, una vez fijadas las coordenadas de las patas de cada equipo y la disposición de los refuerzos locales.

Hasta disponer de dicho despiece, se adopta para la estimación inicial un incremento del 10 % sobre el peso conjunto de los perfiles principales y la chapa superior. Este porcentaje permite incluir de forma prudente:

- travesaños entre parejas de HEB 100;
- rigidizadores verticales bajo los apoyos;

- diafragmas entre perfiles;
- presillas y chapas de unión;
- refuerzos locales;
- cordones de soldadura y pequeños elementos metálicos.

Este valor tiene carácter provisional y deberá sustituirse por la medición real cuando se complete la definición constructiva de la bancada.

2.8.3 Chapa superior continua

Sobre la totalidad de la bancada se dispondrá una chapa continua de acero de 15 mm de espesor.

La superficie considerada es:

$$A = 74,50 \text{ m}^2$$

Adoptando una densidad del acero de:

$$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$$

el peso por metro cuadrado de una chapa de 15 mm resulta:

$$q_{chapa} = 0,015 \times 7.850 = 117,75 \text{ kg/m}^2$$

El peso total de la chapa superior será:

$$P_{chapa} = 74,50 \times 117,75 = 8.772,38 \text{ kg}$$

Por tanto:

$$P_{chapa} \approx 8.772 \text{ kg}$$

equivalentes aproximadamente a:

$$P_{chapa} \approx 86,0 \text{ kN}$$

La chapa representa por sí sola una carga permanente de:

$$q_{chapa} = 117,75 \text{ kg/m}^2$$

Este valor pone de manifiesto que la chapa superior constituye el componente de mayor peso dentro de la bancada y debe incluirse expresamente en la comprobación global del forjado.

2.8.4 Resumen

El peso medido de los elementos principales de la estructura metálica es el siguiente:

Elemento	Medición	Peso
Perfiles HEB 100	177,76 m	3.626 kg
Chapa continua de acero de 15 mm	74,50 m ²	8.772 kg
Subtotal de elementos principales		12.399 kg

Aplicando provisionalmente un **10 %** para rigidizadores, travesaños, diafragmas, presillas, placas de unión, soldaduras y restantes elementos auxiliares:

$$P_{aux} = 12.399 \times 0,10 = 1.240 \text{ kg}$$

El peso propio total estimado de la estructura metálica resulta:

$$P_{estructura} = 12.399 + 1.240 = 13.639 \text{ kg}$$

equivalente aproximadamente a:

$$P_{estructura} \approx 133,8 \text{ kN}$$

Referido a los 74,50 m² de superficie de actuación, el peso propio medio de la bancada será:

$$q_{estructura} = \frac{13.639}{74,50} = 183,07 \text{ kg/m}^2$$

Por tanto, a efectos de las comprobaciones posteriores, se adopta inicialmente una carga permanente debida a la estructura metálica de:

$$q_{estructura} \approx 183 \text{ kg/m}^2$$

Este valor no incluye todavía el sistema de acabado, la regularización lineal bajo los perfiles ni el peso de las máquinas.

La carga correspondiente exclusivamente a la bancada consume una parte significativa de la sobrecarga de uso de 400 kg/m² disponible en el forjado. En consecuencia, la verificación final deberá considerar conjuntamente:

bancada metálica + acabado + equipos + cargas auxiliares

La estimación del 10 % para elementos auxiliares deberá revisarse cuando se disponga del despiece definitivo, sustituyéndola por el peso real de travesaños, rigidizadores, diafragmas, placas y soldaduras.

2.9 COMPROBACIÓN GLOBAL DE CARGAS

La comprobación global tiene por objeto valorar el incremento de carga que la nueva instalación introduce sobre el forjado, considerando conjuntamente el peso de la maquinaria, la bancada metálica y la retirada previa del pavimento y de las capas de suelo existentes.

La superficie total de actuación es de **74,50 m²**. De acuerdo con la documentación estructural disponible, el forjado fue calculado con una sobrecarga de uso de **400 kg/m²** y con una carga permanente adicional de **100 kg/m²** correspondiente a pavimentos, recrecidos y revestimientos.

La ejecución de la bancada exige retirar previamente estas capas de acabado. Por tanto, la comprobación no debe limitarse a sumar el peso de la nueva instalación, sino que debe establecerse un balance entre la carga añadida y la carga permanente eliminada.

La carga global equivalente asociada a la sobrecarga de uso del forjado es:

$$Q_{uso} = 74,50 \times 400 = 29.800 \text{ kg}$$

La carga permanente de pavimentos y revestimientos considerada en el cálculo original y retirada durante la intervención es:

$$Q_{retirada} = 74,50 \times 100 = 7.450 \text{ kg}$$

Las comprobaciones que siguen tienen carácter global. La distribución real de las cargas entre las ocho líneas de apoyo y entre los distintos nervios se analizará de forma independiente, ya que la posición de los equipos y su proximidad a cada línea hacen que el reparto no sea uniforme.

2.9.1 Carga total de maquinaria

Los pesos nominales de los equipos previstos son los siguientes:

Equipo	Peso nominal
Tomógrafo principal	7.600 kg
Tomógrafo secundario	2.500 kg
Densitómetro	1.550 kg
Equipo adicional	1.000 kg
Total	12.650 kg

El peso nominal total de la maquinaria asciende, por tanto, a:

$$P_{maq} = 12.650 \text{ kg}$$

En términos de fuerza:

$$P_{maq} = 12.650 \times 9,81 = 124,10 \text{ kN}$$

Referido a la superficie total de actuación, el peso nominal de las máquinas representa una carga media equivalente de:

$$q_{maq} = \frac{12.650}{74,50} = 169,80 \text{ kg/m}^2$$

Este valor solo permite valorar la incidencia global del conjunto. Los equipos transmiten realmente sus cargas mediante patas, por lo que las comprobaciones locales deben realizarse a partir de las reacciones de cada apoyo y de su posición respecto de los perfiles principales.

2.9.2 Carga total de maquinaria incrementada

Con objeto de disponer de un margen frente a posibles accesorios, tolerancias en los pesos suministrados y variaciones derivadas de la instalación definitiva, se adopta un incremento del 10 % sobre el peso nominal de todos los equipos.

La carga total considerada para la maquinaria será:

$$P_{maq,d} = 12.650 \times 1,10 = 13.915 \text{ kg}$$

equivalente a:

$$P_{maq,d} = 13.915 \times 9,81 = 136,50 \text{ kN}$$

La carga media equivalente correspondiente a la maquinaria incrementada resulta:

$$q_{maq,d} = \frac{13.915}{74,50} = 186,78 \text{ kg/m}^2$$

El incremento introducido respecto del peso nominal es:

$$13.915 - 12.650 = 1.265 \text{ kg}$$

Este valor del 10 % no sustituye a los coeficientes de seguridad y combinación de acciones que correspondan en la comprobación estructural. Se utiliza únicamente como margen sobre los pesos facilitados para los equipos.

2.9.3 Carga total de estructura auxiliar

La estructura auxiliar estará formada por ocho líneas de doble HEB 100, la chapa superior continua de acero de 15 mm y los elementos necesarios para garantizar el funcionamiento solidario del conjunto.

El peso de los perfiles HEB 100 es:

$$P_{HEB} = 3.626 \text{ kg}$$

El peso de la chapa superior continua es:

$$P_{chapa} = 8.772 \text{ kg}$$

El subtotal correspondiente a los elementos principales de la bancada asciende a:

$$P_{principales} = 3.626 + 8.772 = 12.398 \text{ kg}$$

Para incluir provisionalmente travesaños, rigidizadores, diafragmas, presillas, placas de unión, soldaduras y pequeños elementos auxiliares se adopta un incremento del **10 %** sobre el peso de los elementos principales:

$$P_{aux} = 12.398 \times 0,10 = 1.240 \text{ kg}$$

El peso propio total estimado de la estructura auxiliar será:

$$P_{estructura} = 12.398 + 1.240 = 13.638 \text{ kg}$$

Adoptando el valor redondeado empleado en la medición:

$$P_{estructura} = 13.639 \text{ kg}$$

equivalente aproximadamente a:

$$P_{estructura} = 133,80 \text{ kN}$$

La carga media equivalente debida a la bancada metálica resulta:

$$q_{estructura} = \frac{13.639}{74,50} = 183,07 \text{ kg/m}^2$$

Este valor deberá revisarse cuando se disponga del despiece definitivo de taller. La estimación del 10 % será sustituida entonces por el peso real de los travesaños, rigidizadores, diafragmas y demás elementos auxiliares.

2.9.4 Carga total transmitida al forjado

La carga bruta de la nueva instalación se obtiene sumando el peso de la maquinaria incrementada y el peso propio de la estructura auxiliar:

$$\begin{aligned} P_{bruta} &= P_{maq,d} + P_{estructura} \\ P_{bruta} &= 13.915 + 13.639 = 27.554 \text{ kg} \end{aligned}$$

En términos de fuerza:

$$P_{bruta} = 27.554 \times 9,81 = 270,31 \text{ kN}$$

Esta carga bruta se distribuye de la siguiente forma:

Concepto	Peso
Maquinaria incrementada	13.915 kg
Estructura metálica auxiliar	13.639 kg
Carga bruta de la nueva instalación	27.554 kg

No obstante, la actuación incluye la retirada del pavimento, recredido y revestimientos existentes, cuya carga permanente fue considerada en el cálculo original con un valor de **100 kg/m²**.

La carga retirada es:

$$P_{retirada} = 74,50 \times 100 = 7.450 \text{ kg}$$

Por tanto, el incremento neto de carga respecto del estado original será:

$$\begin{aligned} P_{neto} &= P_{bruta} - P_{retirada} \\ P_{neto} &= 27.554 - 7.450 = 20.104 \text{ kg} \end{aligned}$$

equivalente a:

$$P_{neto} = 20.104 \times 9,81 = 197,22 \text{ kN}$$

Este valor representa el incremento real introducido sobre el forjado respecto de la situación contemplada en el cálculo original, antes de incluir el peso definitivo del acabado superficial y de la regularización lineal bajo los perfiles.

2.9.5 Comparación con la sobrecarga admisible de 400 kg/m²

La carga bruta media correspondiente a la nueva instalación es:

$$q_{bruta} = \frac{27.554}{74,50} = 369,85 \text{ kg/m}^2$$

A este valor se descuenta la carga permanente de los revestimientos y capas de suelo retiradas:

$$q_{retirada} = 100 \text{ kg/m}^2$$

El incremento neto de carga sobre el forjado resulta:

$$q_{neto} = 369,85 - 100 = 269,85 \text{ kg/m}^2$$

Redondeando:

$$q_{\text{neto}} \approx 270 \text{ kg/m}^2$$

La comparación global será:

$$269,85 \text{ kg/m}^2 < 400 \text{ kg/m}^2$$

La distribución de las cargas medias equivalentes queda resumida de la siguiente forma:

Concepto	Carga media equivalente
Maquinaria nominal	169,80 kg/m ²
Incremento del 10 %	16,98 kg/m ²
Maquinaria considerada	186,78 kg/m ²
Estructura metálica auxiliar	183,07 kg/m ²
Carga bruta de la nueva instalación	369,85 kg/m²
Carga permanente retirada	-100,00 kg/m²
Incremento neto de carga	269,85 kg/m²
Margen respecto de 400 kg/m ²	130,15 kg/m²

Desde el punto de vista global, la actuación presenta un balance favorable. La carga bruta de la nueva instalación asciende aproximadamente a **370 kg/m² (con cargas mayoradas)**.

Comparada con los condicionantes de cálculo de 400 kg/m² de sobre carga de uso y 100 kg/m² de carga muerta, el margen aproximado de **130 kg/m²** permite incorporar el acabado superficial ligero, la regularización localizada de los apoyos y las posibles diferencias derivadas del despiece definitivo. En cualquier caso, estas cargas deberán cuantificarse e incorporarse al balance final.

2.10 COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE REPARTO

La comprobación global desarrollada en el apartado anterior permite valorar el balance general de cargas sobre los **74,50 m²** de actuación, pero no describe por sí sola cómo se transmiten esas cargas al forjado. La bancada no apoya de manera continua sobre toda su superficie inferior, sino a través de las ocho líneas formadas por parejas de perfiles HEB 100, situadas sobre los nervios resistentes.

Por ello, la justificación del sistema debe atender al recorrido real de las cargas desde las patas de las máquinas hasta el forjado, comprobando que la chapa superior, los rigidizadores y los perfiles principales permiten distribuir las acciones entre varias líneas de apoyo sin que se produzcan concentraciones directas sobre los casetones o elementos de entrevigado

2.10.1 Transmisión de cargas hacia los IPE 160

Las cargas de las máquinas se introducen en la bancada mediante sus patas de apoyo. La chapa superior continua de acero de 15 mm recibe estas acciones y las transmite hacia las parejas de HEB 100 situadas bajo ella.

El recorrido resistente previsto es el siguiente:

pata de la máquina → chapa superior de 15 mm → rigidizadores y travesaños → parejas de HEB 100 → nervios y capiteles del forjado

La chapa no se considera únicamente un revestimiento o una superficie de terminación, sino un elemento resistente integrado en la bancada. Su unión soldada a los perfiles permite que las cargas puntuales no se concentren exclusivamente bajo la vertical de cada pata, sino que se redistribuyan hacia las líneas principales más próximas.

Esta redistribución no será uniforme sobre las ocho líneas. Los HEB 100 situados bajo el equipo o en sus inmediaciones recibirán una mayor proporción de la carga, mientras que la participación de las líneas más alejadas dependerá de la rigidez de la chapa, de la continuidad de las soldaduras y de la disposición de los travesaños.

En las zonas de apoyo de las máquinas se dispondrán rigidizadores inferiores para reducir la flexión local de la chapa y conducir la reacción hacia los perfiles. En el caso del tomógrafo principal, cada uno de sus seis apoyos deberá quedar vinculado a uno o varios elementos resistentes de la bancada, evitando que la chapa trabaje sola sobre una luz excesiva.

Las parejas de HEB 100 deberán trabajar conjuntamente. Para ello, los dos perfiles que forman cada línea estarán unidos mediante la chapa superior, diafragmas y presillas, de modo que la carga no se concentre únicamente en uno de ellos por diferencias de nivelación o rigidez.

2.10.2 Reparto sobre líneas coincidentes con nervios/capiteles

Las ocho líneas principales se disponen coincidiendo con los nervios del forjado existente. Este criterio permite que las cargas recogidas por la bancada se transmitan directamente a los elementos resistentes, evitando apoyos aleatorios sobre las zonas aligeradas.

Cada línea estará formada por dos perfiles HEB 100 de 11,11 m de longitud, centrados respecto del eje del nervio. Dado que la pareja tiene un ancho aproximado de 200 mm y el nervio un ancho nominal de 160 mm, se considerará inicialmente como ancho efectivo de apoyo el correspondiente al propio nervio.

La coincidencia con los capiteles o con las zonas próximas a pilares resulta especialmente favorable, ya que en estos puntos el forjado presenta una mayor rigidez y capacidad para distribuir los esfuerzos hacia la estructura vertical. No obstante, no deberá asumirse que toda una línea presenta la misma capacidad a lo largo de su longitud. Las zonas centrales de vano y las zonas próximas a apoyos tienen comportamientos distintos y deberán analizarse conforme a la geometría real del forjado.

El replanteo deberá confirmar:

- la posición exacta de los nervios;
- la continuidad de cada nervio bajo la bancada;
- la presencia y geometría de los capiteles;
- la proximidad de pilares, vigas y bordes;
- la ausencia de huecos o pasos de instalaciones;
- el estado del hormigón en las zonas de contacto.

La carga recibida por cada pareja de HEB 100 se transmitirá al nervio a través del contacto lineal de su ala inferior, regularizado cuando sea necesario mediante grout estructural sin retracción. Este contacto deberá ser continuo y simultáneo para los dos perfiles de cada pareja.

2.11 PREVENCIÓN DE CARGAS PUNTUALES DIRECTAS SOBRE CASETONES O ZONAS DÉBILES

Una de las funciones principales de la bancada es impedir que las patas de las máquinas descarguen directamente sobre elementos aligerantes, casetones, zonas de entrevigado o capas de recrecido sin función estructural.

Sin la bancada, la posición de cada pata respecto de los nervios condicionaría directamente el comportamiento del forjado. Una pata situada en el centro de un casetón podría generar una sollicitación local elevada sobre la capa de compresión, sin que existiera una transmisión inmediata hacia un elemento resistente.

Con la solución propuesta, las cargas se recogen antes de alcanzar el forjado. La chapa continua, junto con los rigidizadores y travesaños, traslada las reacciones hacia las parejas de HEB 100 y, desde estas, hacia los nervios.

Para garantizar este comportamiento deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- ninguna pata deberá apoyar directamente sobre el acabado como elemento resistente;
- bajo los apoyos principales se dispondrán rigidizadores o travesaños;
- la chapa deberá estar correctamente soldada a los perfiles;
- no se admitirán discontinuidades relevantes en la chapa dentro de las zonas de influencia de las máquinas;

- las juntas de montaje deberán resolverse para transmitir los esfuerzos previstos;
- las parejas de HEB 100 deberán apoyar únicamente sobre zonas resistentes previamente localizadas;
- los acabados, adhesivos y capas de regularización no se considerarán elementos estructurales de reparto.

En las zonas donde la chapa quede sobre un espacio entre líneas principales, su capacidad frente a flexión local deberá comprobarse con la carga puntual correspondiente. Si la deformación o la tensión resultan excesivas, se incorporarán travesaños adicionales para reducir la luz libre.

2.12 COMPROBACIÓN CONCEPTUAL DE CARGA LINEAL SOBRE PERFILES PRINCIPALES

Como primera aproximación, puede obtenerse una carga lineal media equivalente dividiendo la carga bruta total de la nueva instalación entre la longitud conjunta de las ocho líneas principales.

La carga bruta correspondiente a maquinaria y estructura metálica es:

$$P_{bruta} = 27.554 \text{ kg}$$

La longitud total de líneas dobles de apoyo es:

$$L_{líneas} = 8 \times 11,11 = 88,88 \text{ m}$$

La carga lineal media sobre cada línea doble resulta:

$$q_{l,media} = \frac{27.554}{88,88} = 310,0 \text{ kg/m}$$

Equivalente aproximadamente a:

$$q_{l,media} = 3,04 \text{ kN/m}$$

Este valor corresponde a cada **línea formada por dos HEB 100**. Si se admite, únicamente como referencia conceptual, un reparto idéntico entre ambos perfiles, la carga media por HEB sería:

$$q_{l,HEB} = \frac{310}{2} = 155 \text{ kg/m}$$

equivalente aproximadamente a:

$$q_{l,HEB} = 1,52 \text{ kN/m}$$

La reacción media asociada a cada línea doble sería:

$$R_{media} = \frac{27.554}{8} = 3.444 \text{ kg}$$

No obstante, estos valores medios no deberán utilizarse directamente para dimensionar los perfiles, porque la distribución real no será uniforme. Las líneas próximas al tomógrafo principal y a las máquinas de mayor peso recibirán reacciones superiores, mientras que otras líneas tendrán una participación menor.

La comprobación definitiva deberá considerar, como mínimo:

- las cargas puntuales de cada pata;
- la posición real de los equipos;
- la distancia de cada apoyo a las líneas principales;
- la rigidez de la chapa de 15 mm;
- la disposición y rigidez de los travesaños;
- la participación conjunta de los dos HEB 100;
- la continuidad de las soldaduras;
- las condiciones de apoyo sobre nervios y capiteles.

La carga permanente de **100 kg/m²** correspondiente al revestimiento retirado se descuenta en el balance global respecto del estado original. Sin embargo, no debe restarse directamente de las cargas que actúan sobre la bancada, porque esa carga retirada no circula a través de los HEB 100. Para comprobar los perfiles y sus uniones debe emplearse la carga bruta de la nueva estructura y de las máquinas; el descuento de los pavimentos retirados se utiliza para valorar el incremento neto que recibe el forjado existente.

En consecuencia, el valor medio de **310 kg/m por línea doble** confirma que el orden global de carga resulta moderado, pero la validación del sistema dependerá de las comprobaciones locales en las líneas más solicitadas y, especialmente, en la zona ocupada por el tomógrafo principal.

2.13 CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE EJECUCIÓN

La eficacia de la solución propuesta depende tanto de su dimensionamiento como de una ejecución precisa. La bancada debe reproducir en obra el esquema resistente previsto, garantizando que las cargas se transmitan desde la chapa superior hacia las parejas de HEB 100 y, finalmente, hacia los nervios y capiteles del forjado existente.

Antes del inicio de los trabajos deberá comprobarse la geometría real del forjado, el estado del soporte y la posición definitiva de las máquinas. Cualquier diferencia respecto de la documentación empleada para el diseño deberá resolverse antes de fabricar o colocar los elementos metálicos.

2.13.1 Replanteo previo de nervios, capiteles y apoyos

Antes de colocar la bancada se retirarán los pavimentos, recrecidos, adhesivos y revestimientos existentes dentro de la superficie de actuación, hasta dejar accesible el soporte resistente sobre el que deban apoyar los perfiles.

Una vez expuesto el forjado se realizará el replanteo de:

- ejes de nervios;
- límites de capiteles;
- posición de pilares y vigas;
- huecos y pasos de instalaciones;
- bordes de elementos aligerantes;
- posición definitiva de las ocho líneas de doble HEB 100;
- ubicación exacta de las patas de las máquinas.

La localización de los nervios se comprobará mediante inspección directa y contraste con los planos estructurales disponibles. Cuando no sea posible identificarlos con suficiente precisión, se recurrirá a medios de detección no destructiva que permitan determinar su posición y evitar actuaciones sobre armaduras o elementos aligerantes.

Las ocho líneas principales deberán coincidir con los nervios previstos. Si durante el replanteo se detectan diferencias relevantes, no se forzará la colocación de los perfiles conforme al plano teórico, sino que se ajustará su posición o se definirá un detalle específico de transferencia.

También deberá comprobarse la relación entre los puntos de apoyo de las máquinas y la estructura metálica. En particular, los seis apoyos del tomógrafo principal deberán quedar correctamente vinculados a travesaños, rigidizadores o zonas próximas a las líneas principales.

El replanteo se materializará sobre el soporte y deberá ser validado antes de iniciar la fabricación definitiva, soldadura o montaje de la bancada.

2.13.2 Nivelación y comprobación de planeidad del soporte

La superficie del forjado deberá inspeccionarse para detectar irregularidades, resaltos, coqueas, fisuras, zonas deterioradas o restos de materiales que puedan impedir el contacto efectivo de los perfiles.

Se realizará un levantamiento de cotas mediante nivel láser o procedimiento equivalente, tomando referencias suficientes a lo largo de las ocho líneas de apoyo. El levantamiento permitirá conocer:

- los puntos altos y bajos del soporte;
- las diferencias de cota entre nervios;
- las variaciones a lo largo de cada línea;
- el espesor necesario de regularización;
- la cota final de la chapa superior y del acabado.

Los resaltos se eliminarán mediante desbaste mecánico controlado, sin afectar a las armaduras ni reducir de forma significativa la sección resistente del hormigón.

No se admitirá que los HEB 100 apoyen únicamente en puntos aislados. Los dos perfiles de cada pareja deberán quedar simultáneamente en contacto con el soporte o con la capa de regularización prevista.

La nivelación deberá asegurar que las alas superiores de todos los perfiles se encuentren dentro de las tolerancias necesarias para colocar la chapa continua sin deformaciones, huecos ni cambios bruscos de cota.

La comprobación de planeidad deberá realizarse antes y después de colocar los perfiles, dejando constancia de las desviaciones detectadas y de las correcciones ejecutadas.

2.13.3 Ejecución del emparrillado metálico

El emparrillado estará formado por ocho líneas longitudinales, compuesta cada una por dos perfiles HEB 100 de 11,11 m, junto con la chapa superior continua de 15 mm y los elementos transversales de unión y rigidización.

La ejecución se desarrollará, con carácter general, mediante la siguiente secuencia:

1. preparación y limpieza del soporte;
2. replanteo de nervios y líneas principales;
3. colocación y nivelación de las parejas de HEB 100;
4. estabilización provisional de los perfiles;

5. ejecución de presillas y diafragmas entre los perfiles de cada pareja;
6. colocación de travesaños entre líneas principales;
7. colocación de rigidizadores bajo los apoyos de maquinaria;
8. montaje y soldadura de la chapa superior;
9. comprobación geométrica y estructural del conjunto;
10. ejecución del tratamiento superficial y acabado.

Los perfiles deberán colocarse sin deformaciones y con sus alas superiores a una cota común. Las uniones provisionales utilizadas durante el montaje no podrán interferir con las soldaduras definitivas ni alterar el contacto con el forjado.

La chapa superior podrá ejecutarse mediante uno o varios paños, en función de las dimensiones de suministro y de las condiciones de transporte y montaje. Cuando sea necesario disponer juntas, estas deberán situarse sobre perfiles o travesaños y resolverse para garantizar la continuidad resistente prevista.

No se admitirán juntas libres situadas en el centro de paños sometidos a cargas puntuales.

La secuencia de soldadura se definirá para limitar deformaciones por retracción térmica. Se realizarán cordones alternos y simétricos, evitando concentrar calor en una única zona y comprobando periódicamente la planeidad de la chapa.

Las parejas de HEB 100 deberán quedar solidarizadas mediante la chapa superior, los diafragmas y las presillas previstas, de manera que ambos perfiles participen conjuntamente en la transmisión de las cargas.

2.13.4 Colocación de rigidizadores bajo los apoyos de la maquinaria

En las zonas de apoyo de las máquinas se dispondrán rigidizadores metálicos bajo la chapa superior, destinados a recoger las cargas concentradas transmitidas por las patas y conducirlas hacia las parejas de perfiles HEB 100 y los travesaños próximos.

La superficie superior de la bancada deberá mantenerse continua, plana y sin resaltos. Por este motivo, los refuerzos se colocarán en la cara inferior de la chapa de 15 mm, evitando la disposición de placas superpuestas que puedan interferir con el acabado o con la nivelación de los equipos.

Los rigidizadores podrán estar formados por chapas verticales, diafragmas o perfiles auxiliares soldados, cuya disposición se ajustará a la posición definitiva de las patas de cada máquina. Su geometría deberá permitir que la reacción de cada apoyo no sea resistida únicamente por la flexión local de la chapa superior, sino que se transmita de forma directa a los elementos principales del emparrillado.

En el caso del tomógrafo principal, se comprobará la posición exacta de sus seis apoyos antes de fabricar los refuerzos. Bajo cada uno de ellos se dispondrá un sistema de rigidización específico, procurando que la carga quede vinculada a una pareja de HEB 100, a un travesaño entre líneas principales o a ambos elementos simultáneamente.

Cuando la posición de una pata no coincida con una línea principal, se dispondrá un travesaño o elemento de transferencia entre las parejas de HEB 100 contiguas. El rigidizador situado bajo el apoyo se soldará tanto a la chapa superior como al elemento transversal, de manera que la carga se reparta hacia las líneas resistentes próximas.

La disposición de los rigidizadores deberá cumplir las siguientes condiciones:

- quedar centrados, en la medida de lo posible, respecto del punto de aplicación de la carga;
- asegurar el contacto y la unión efectiva con la cara inferior de la chapa;
- transmitir la reacción a las almas, alas o travesaños del emparrillado;
- evitar deformaciones locales apreciables de la chapa superior;
- limitar los giros y asientos diferenciales entre apoyos de una misma máquina;
- no interferir con las soldaduras, presillas o diafragmas de unión entre perfiles;
- permitir la ejecución de la protección anticorrosiva y la inspección de las uniones.

Los rigidizadores deberán ajustarse correctamente a las superficies con las que se unan. No se admitirán holguras relevantes entre la chapa superior, los rigidizadores y los perfiles resistentes, ni se utilizarán los cordones de soldadura para rellenar separaciones derivadas de un despiece o montaje incorrecto.

La secuencia de soldadura se organizará de forma que se reduzcan las deformaciones térmicas de la chapa. Los rigidizadores se colocarán y soldarán antes de ejecutar el acabado superficial y, siempre que sea posible, antes de completar los cordones continuos de unión de la chapa con los perfiles principales.

El dimensionamiento y la disposición final de estos elementos se definirán a partir de las cargas por pata, las separaciones reales entre los HEB 100 y la posición definitiva de los equipos. En ningún caso se atribuirá al acabado superficial una función resistente frente a las cargas puntuales.

2.13.5 Uso de grout estructural sin retracción en caso necesario

El grout estructural se empleará únicamente cuando la planeidad del soporte no permita garantizar un contacto continuo y simultáneo bajo las parejas de HEB 100.

No se ejecutará como una capa general sobre toda la superficie de actuación. Su colocación se limitará a las líneas de apoyo y a las zonas donde existan huecos o diferencias de cota que no puedan resolverse mediante preparación mecánica del soporte.

El producto deberá reunir, como mínimo, las siguientes características:

- ausencia de retracción;
- elevada resistencia a compresión;
- buena adherencia al hormigón y al acero;
- fluidez suficiente para rellenar los espacios bajo las alas;
- estabilidad volumétrica;
- espesor de aplicación compatible con el detalle proyectado;
- aptitud para cargas estáticas y concentradas.

El espesor será el mínimo necesario para conseguir el contacto. Como criterio general se procurará mantenerlo entre **5 y 8 mm**, pudiendo alcanzar valores superiores únicamente cuando estén admitidos por la ficha técnica del producto y no se comprometa el canto total disponible.

Antes de aplicar el grout, el soporte deberá encontrarse limpio, firme y libre de polvo, aceites o partículas sueltas. La preparación y humectación del hormigón se realizará conforme a las indicaciones del fabricante.

Los perfiles se nivelarán previamente mediante calzos metálicos estables. El grout se introducirá de manera que rellene completamente el espacio inferior, evitando bolsas de aire o zonas sin contacto.

No se retirarán los elementos provisionales ni se aplicarán cargas sobre la bancada hasta que el producto haya alcanzado la resistencia mínima establecida para la puesta en servicio.

2.13.6 Protección anticorrosiva

Todos los elementos metálicos deberán recibir una protección anticorrosiva compatible con las condiciones ambientales de la sala y con el sistema de acabado previsto.

Antes de aplicar cualquier tratamiento, las superficies deberán quedar limpias de:

- cascarilla de laminación no adherida;
- óxido;

- grasas y aceites;
- restos de soldadura;
- polvo;
- contaminantes superficiales.

Las zonas que queden ocultas tras el montaje deberán tratarse antes de su cierre, salvo aquellas superficies destinadas a soldadura o contacto estructural que requieran una preparación específica.

La protección podrá resolverse mediante imprimación anticorrosiva y acabado compatible con el ambiente interior. En la cara superior de la chapa, el sistema deberá ser compatible con la imprimación epoxi y el puente de adherencia del revestimiento continuo.

Tras la ejecución de las soldaduras se limpiarán las escorias, proyecciones y zonas afectadas térmicamente, reponiendo la protección en todos los puntos dañados.

No se aplicarán pinturas sobre superficies húmedas, contaminadas o insuficientemente preparadas. Tampoco deberán quedar capas gruesas de pintura entre elementos cuyo contacto directo resulte necesario para la transmisión de cargas.

La definición final del sistema deberá asegurar la compatibilidad entre:

- protección anticorrosiva;
- soldaduras;
- grout de asiento;
- imprimación epoxi;
- revestimiento continuo superior.

2.13.7 Control de soldaduras, uniones y contacto efectivo

Las soldaduras deberán ejecutarse por personal cualificado y conforme al procedimiento definido para la estructura. Antes de soldar se comprobarán la geometría de la unión, el ajuste entre piezas, la limpieza de bordes y la estabilidad provisional del conjunto.

El control incluirá, como mínimo:

- inspección visual de todos los cordones;
- comprobación de continuidad y longitud;
- verificación del tamaño de garganta;

- detección de poros, mordeduras, fisuras, falta de fusión o inclusiones;
- comprobación de deformaciones producidas por la soldadura;
- revisión de las uniones entre chapa, HEB, travesaños y rigidizadores.

En las zonas sometidas a las mayores reacciones, especialmente bajo el tomógrafo principal, podrán exigirse ensayos complementarios de las soldaduras cuando así se determine en el proyecto, en el plan de control o durante la dirección de la ejecución.

Las uniones atornilladas, cuando existan, deberán comprobarse en cuanto a diámetro, calidad, longitud, arandelas, apriete y posición. No se admitirán tornillos distintos de los previstos ni perforaciones ejecutadas sin autorización.

Antes de colocar la chapa superior se comprobará el contacto de las parejas de HEB 100 con el soporte. La verificación incluirá:

- ausencia de balanceo;
- apoyo simultáneo de los dos perfiles;
- continuidad suficiente de la cama de asiento;
- ausencia de huecos relevantes;
- correcta posición respecto del eje del nervio;
- nivelación de las alas superiores.

Una vez terminada la bancada se realizará una comprobación final de planeidad y estabilidad. No se permitirá la instalación definitiva de la maquinaria hasta verificar:

- la correcta ejecución de las ocho líneas principales;
- la continuidad de la chapa superior;
- la presencia de todos los rigidizadores previstos;
- la posición de los refuerzos respecto de las patas;
- el estado de las soldaduras y uniones;
- la protección anticorrosiva;
- la nivelación final de la plataforma;
- la resistencia suficiente del grout, cuando se haya utilizado.

Las operaciones de traslado y colocación de las máquinas deberán realizarse sobre la bancada terminada o mediante sistemas provisionales de reparto previamente definidos, evitando que ruedas, gatos o carros transmitan cargas concentradas directamente sobre zonas no reforzadas del forjado.

2.14 CONTROL Y VERIFICACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO

Antes de instalar definitivamente la maquinaria y autorizar la puesta en servicio de la bancada se realizará una inspección completa del conjunto ejecutado. Esta revisión deberá confirmar que la posición real de los equipos coincide con la considerada en el diseño, que las cargas se introducen en los elementos previstos y que la estructura metálica mantiene un contacto efectivo con las líneas resistentes del forjado.

Las comprobaciones deberán efectuarse con la bancada completamente terminada, incluidas las soldaduras, rigidizadores, elementos transversales, protección anticorrosiva y, cuando resulte necesario, el grout de regularización. El acabado superficial podrá ejecutarse una vez concluidas las inspecciones que requieran acceso directo a la chapa, las soldaduras o las zonas de apoyo.

No se permitirá la colocación definitiva ni la puesta en funcionamiento de los equipos hasta que se hayan resuelto las deficiencias detectadas durante estas verificaciones.

2.14.1 Comprobación de posición real de las máquinas

Antes de trasladar los equipos a su posición definitiva deberá marcarse sobre la bancada la implantación exacta de cada máquina y la situación de todas sus patas o puntos de apoyo.

El replanteo se realizará tomando como referencia los planos definitivos de implantación y la información facilitada por los fabricantes. Se comprobarán, como mínimo:

- las dimensiones exteriores de cada equipo;
- la posición y separación entre patas;
- la orientación de las máquinas;
- las distancias respecto de paredes, huecos y otros equipos;
- los espacios necesarios para montaje, mantenimiento y sustitución;
- la situación de acometidas, canalizaciones y conexiones;
- la coincidencia entre los apoyos previstos y los realmente suministrados.

En el tomógrafo principal se verificará expresamente la posición de sus seis apoyos. No se considerará suficiente comprobar únicamente el perímetro general del equipo, ya que

pequeñas variaciones en la ubicación de las patas pueden modificar el recorrido de las cargas dentro de la bancada.

La posición replanteada deberá compararse con la disposición real de los rigidizadores y travesaños situados bajo la chapa. Si se detectan diferencias que hagan que una pata quede fuera de la zona reforzada, se modificará el emparrillado antes de instalar la máquina.

No se admitirán desplazamientos de los equipos respecto de la posición calculada sin la revisión previa de la solución estructural.

2.14.2 Verificación de coincidencia de apoyos con elementos de reparto

Una vez replanteadas las máquinas se comprobará que cada una de sus patas coincide con una zona de la chapa vinculada directamente a los elementos resistentes de reparto.

La comprobación deberá confirmar que bajo cada apoyo existe, según corresponda:

- un rigidizador vertical;
- un travesaño entre líneas principales;
- una pareja de HEB 100;
- un diafragma;
- una combinación de varios de estos elementos.

El objetivo es evitar que una reacción concentrada sea resistida únicamente por la flexión local de la chapa de 15 mm sobre un paño sin refuerzo próximo.

Cuando una pata se sitúe entre dos líneas principales, deberá comprobarse que el rigidizador o travesaño correspondiente conduce la carga hacia ambas parejas de HEB 100. La unión entre la chapa, el rigidizador y el elemento transversal deberá ser continua y suficiente para transmitir la reacción prevista.

La comprobación se realizará antes de ocultar las zonas inferiores o de ejecutar acabados que impidan inspeccionar los refuerzos.

Se verificará también que los apoyos regulables, placas base o elementos de nivelación suministrados con las máquinas presenten una superficie adecuada y apoyen completamente sobre la chapa. No se admitirán contactos parciales, apoyos en aristas ni elementos improvisados que produzcan nuevas concentraciones de carga.

Si el fabricante exige placas, bases elastoméricas o elementos antivibratorios, estos deberán colocarse en la posición prevista y ser compatibles con la geometría de los rigidizadores inferiores.

2.14.3 Comprobación de continuidad del contacto con el forjado

Antes de aplicar la carga de las máquinas deberá comprobarse que las parejas de HEB 100 mantienen un apoyo estable sobre los nervios y capiteles del forjado.

La inspección incluirá las ocho líneas principales y deberá verificar:

- la ausencia de balanceo en los perfiles;
- el apoyo simultáneo de los dos HEB 100 de cada línea;
- la correcta coincidencia con los nervios;
- la continuidad del contacto en las zonas previstas;
- la inexistencia de huecos significativos bajo las alas inferiores;
- la estabilidad de los calzos metálicos;
- la correcta ejecución del grout, cuando se haya utilizado;
- la ausencia de fisuras, desprendimientos o deterioros en el soporte.

El contacto no deberá quedar limitado a puntos aislados. Las irregularidades que impidan el asiento previsto deberán corregirse mediante preparación del soporte, calzos metálicos o grout estructural sin retracción, según corresponda.

Cuando se utilice grout, se comprobará que ha rellenado completamente el espacio bajo el perfil y que ha alcanzado la resistencia mínima exigida antes de cargar la bancada. No se autorizará la instalación de equipos sobre un material de regularización que no haya completado su proceso de endurecimiento.

También deberá confirmarse que la retirada del pavimento y de las capas existentes se ha realizado en la extensión prevista y que no permanecen materiales compresibles o de baja resistencia entre los perfiles y el elemento estructural.

Si durante la inspección se detectan zonas de contacto dudoso, podrán realizarse comprobaciones mediante galgas, inspección lateral, percusión controlada u otros procedimientos adecuados. Las deficiencias deberán corregirse antes de continuar.

2.14.4 Revisión final antes de la instalación definitiva de los equipos

Concluida la ejecución de la bancada se realizará una revisión final conjunta de la estructura metálica, los apoyos sobre el forjado y la implantación de la maquinaria.

La revisión comprenderá, como mínimo, los siguientes aspectos:

- correcta posición de las ocho líneas de doble HEB 100;

- coincidencia de los perfiles con nervios y capiteles;
- nivelación general de la plataforma;
- planeidad de la chapa superior;
- continuidad y estado de las soldaduras;
- ejecución completa de presillas, diafragmas y travesaños;
- presencia y posición de los rigidizadores bajo cada apoyo;
- contacto efectivo entre perfiles y forjado;
- estado de la protección anticorrosiva;
- ausencia de deformaciones, daños o elementos sueltos;
- correspondencia entre la posición calculada y la posición definitiva de las máquinas.

Deberá comprobarse que la chapa superior no presenta abolladuras, alabeos o discontinuidades que puedan afectar al apoyo de los equipos. Las juntas entre paños, cuando existan, deberán quedar correctamente resueltas y no coincidir con zonas críticas sin el refuerzo previsto.

Antes de instalar la maquinaria se realizará una comprobación final de cotas. La nivelación deberá cumplir las tolerancias requeridas por el fabricante de cada equipo. Cuando sea necesario efectuar pequeños ajustes, estos se resolverán mediante los sistemas de regulación propios de la máquina o mediante elementos rígidos específicamente definidos, sin recurrir a materiales compresibles ni soluciones provisionales.

El traslado de los equipos hasta su ubicación deberá ejecutarse conforme a un procedimiento previamente establecido. Las cargas de carros, rodillos, gatos o medios auxiliares se mantendrán dentro de la superficie reforzada o se repartirán mediante elementos provisionales calculados. No se permitirá el paso de los equipos sobre casetones o zonas no reforzadas mediante apoyos puntuales.

Una vez colocadas las máquinas y antes de su puesta en funcionamiento, se comprobará:

- el apoyo efectivo de todas las patas;
- la ausencia de cojeras o contactos parciales;
- la estabilidad y nivelación de los equipos;
- la posición respecto de los rigidizadores inferiores;
- la inexistencia de deformaciones permanentes apreciables;

- el comportamiento de la bancada durante una primera aplicación gradual de carga.

Cuando las condiciones de montaje lo permitan, la carga se introducirá de forma progresiva, observando el comportamiento de la plataforma y verificando que no aparezcan movimientos, ruidos, aperturas de contacto o deformaciones inesperadas.

La puesta en servicio quedará condicionada a la aceptación final de la bancada y a la resolución de todas las observaciones formuladas durante el control. Las posiciones definitivas de los equipos no podrán modificarse posteriormente sin comprobar que la nueva disposición mantiene la correspondencia entre las patas, los rigidizadores, los perfiles principales y las líneas resistentes del forjado.

3 INSTALACIONES

3.1 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

3.1.1 Objeto de la memoria

La presente memoria tiene por objeto describir la instalación de aire comprimido prevista para dar servicio a la nueva sala de rayos X, definiendo los trabajos a realizar, los criterios generales de ejecución y los materiales principales a emplear.

La actuación contempla la ejecución de dos redes diferenciadas de suministro:

- Una red de **aire comprimido libre de aceite**, destinada a aquellos equipos o procesos que requieran un suministro de aire de mayor calidad, exento de contaminación por aceite.
- Una red de **aire comprimido convencional**, destinada a los usos generales de la sala que no requieran las condiciones específicas del aire libre de aceite.

Ambas instalaciones se conectarán a las redes existentes en el edificio, aprovechando la infraestructura disponible y prolongando el servicio hasta los puntos de consumo previstos en la nueva sala. La intervención incluye la conexión a las instalaciones existentes, el tendido de nuevas tuberías, la instalación de accesorios, elementos de corte, regulación y puntos de toma necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

La finalidad de la instalación es dotar a la nueva sala de rayos X de un suministro de aire comprimido adecuado, seguro y funcional, garantizando la diferenciación entre ambas redes, la correcta alimentación de los equipos previstos y la integración ordenada de la nueva instalación con los servicios existentes del edificio.

3.1.2 Alcance de los trabajos

El alcance de la actuación comprende la ejecución de las instalaciones necesarias para dotar a la nueva sala de rayos X de suministro de aire comprimido, diferenciando claramente entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional.

Los trabajos incluirán la conexión de ambas redes a las instalaciones existentes en el edificio, realizando los enlaces necesarios en los puntos habilitados para tal fin. A partir de dichas conexiones se ejecutarán las nuevas canalizaciones hasta la sala de rayos X, mediante tuberías instaladas en superficie, convenientemente soportadas, fijadas e identificadas. La instalación comprenderá, de forma general, las siguientes actuaciones:

- Conexión de la red de aire comprimido libre de aceite a la instalación existente correspondiente.

- Conexión de la red de aire comprimido convencional a la instalación existente correspondiente.
- Tendido de nuevas tuberías de distribución hasta la sala de rayos X.
- Ejecución de recorridos horizontales y verticales necesarios para alcanzar los puntos de consumo.
- Instalación de accesorios de unión, derivaciones, codos, racores y elementos de conexión.
- Colocación de válvulas de corte para permitir el aislamiento de tramos o puntos de servicio.
- Instalación de puntos de toma para alimentación de los equipos previstos en la sala.
- Incorporación de elementos de regulación de presión cuando sean necesarios en los puntos de consumo.
- Soportación mecánica de las canalizaciones mediante abrazaderas, anclajes y fijaciones adecuadas al soporte existente.
- Identificación diferenciada de ambas redes para evitar errores de conexión o utilización.
- Realización de las pruebas y comprobaciones necesarias antes de la puesta en servicio.

La ejecución se realizará manteniendo la independencia funcional entre ambas redes, evitando cualquier interconexión entre el aire comprimido libre de aceite y el aire comprimido convencional. Asimismo, se garantizará que los recorridos sean ordenados, accesibles para mantenimiento y compatibles con el resto de las instalaciones existentes o previstas en la sala.

Quedan incluidos dentro del alcance todos los trabajos auxiliares necesarios para la correcta terminación de la instalación, tales como replanteo, fijación de canalizaciones, montaje de elementos terminales, comprobación de estanqueidad, regulación inicial y verificación funcional de los puntos de suministro.

3.1.3 Descripción general de la instalación

La instalación prevista tiene por finalidad dotar a la nueva sala de rayos X de suministro de aire comprimido mediante dos redes independientes y claramente diferenciadas: una red de aire comprimido libre de aceite y una red de aire comprimido convencional. Ambas redes se ejecutarán como prolongación de las instalaciones existentes en el edificio, realizando las conexiones necesarias en los puntos habilitados para tal fin y llevando el suministro hasta los puntos de consumo previstos en la sala.

La solución adoptada se basa en una distribución mediante tuberías instaladas en superficie, con recorridos ordenados, accesibles y compatibles con el resto de las instalaciones del entorno. Las canalizaciones se dispondrán convenientemente fijadas mediante soportes, abrazaderas y elementos de anclaje adecuados, garantizando la estabilidad mecánica de la instalación y facilitando las operaciones de inspección y mantenimiento.

La instalación se divide en las siguientes redes:

RED DE AIRE COMPRIMIDO LIBRE DE ACEITE

La red de aire comprimido libre de aceite estará destinada a alimentar aquellos equipos o puntos de consumo que requieran un aire de mayor calidad, sin presencia de aceite en suspensión procedente del sistema de compresión o distribución.

Esta red se ejecutará de forma independiente respecto a la red de aire comprimido convencional, evitando cualquier posibilidad de mezcla o contaminación cruzada. Para su distribución se emplearán materiales adecuados para preservar la calidad del aire suministrado, tales como tubería metálica compatible con aire comprimido limpio, accesorios de unión, codos, derivaciones, válvulas de corte y puntos de toma específicos.

Los puntos terminales dispondrán, cuando sea necesario, de elementos de regulación de presión que permitan adaptar las condiciones de suministro a los requerimientos de los equipos conectados. Asimismo, la red quedará identificada de forma diferenciada para garantizar su correcta utilización durante la explotación de la sala.

RED DE AIRE COMPRIMIDO CONVENCIONAL

La red de aire comprimido convencional estará destinada a los usos generales de la sala de rayos X que no requieran condiciones específicas de aire libre de aceite.

Esta red se conectará a la instalación existente de aire comprimido convencional del edificio y se prolongará hasta los puntos de consumo previstos. La distribución se realizará mediante tubería metálica apta para aire comprimido, instalada en superficie, con sus correspondientes accesorios, elementos de unión, cambios de dirección, válvulas de corte y puntos de toma.

Al igual que en la red libre de aceite, los puntos de consumo podrán incorporar reductores o reguladores de presión cuando resulte necesario para adecuar el suministro a las condiciones de funcionamiento de los equipos. La red se identificará de manera clara e independiente para evitar confusiones con la instalación de aire comprimido libre de aceite.

En conjunto, la instalación se concibe como un sistema seguro, ordenado y funcional, integrado con las redes existentes del edificio y preparado para alimentar los equipos previstos en la nueva sala de rayos X, manteniendo en todo momento la separación entre los distintos tipos de aire comprimido y garantizando la accesibilidad para futuras labores de mantenimiento.

3.1.4 Conexión con la instalación existente del edificio

La nueva instalación de aire comprimido se conectará a las redes existentes del edificio destinadas a este servicio, diferenciando en todo momento la conexión correspondiente a la red de aire comprimido libre de aceite y la correspondiente a la red de aire comprimido convencional.

Los puntos de enlace se ejecutarán sobre las conducciones existentes habilitadas para la distribución de aire comprimido, realizando las derivaciones necesarias para alimentar la nueva sala de rayos X. Cada conexión se efectuará mediante accesorios adecuados al material de la red existente y de la nueva canalización, garantizando la compatibilidad mecánica, la estanqueidad y la continuidad del servicio.

En cada punto de conexión se dispondrán los elementos necesarios para permitir el aislamiento de la nueva instalación respecto de la red general del edificio, mediante válvulas de corte accesibles. Esta disposición permitirá realizar operaciones de mantenimiento, reparación o modificación en la nueva instalación sin afectar innecesariamente al resto de la red existente.

La conexión de la red de aire comprimido libre de aceite se realizará de forma independiente, evitando cualquier contacto o interconexión con la red de aire comprimido convencional. Esta separación resulta fundamental para conservar la calidad del aire suministrado y evitar contaminaciones cruzadas que pudieran afectar a los equipos alimentados.

De igual modo, la red de aire comprimido convencional se conectará exclusivamente a la instalación existente destinada a dicho servicio, manteniendo su uso diferenciado para consumos generales. Ambas redes se identificarán adecuadamente desde su punto de enlace hasta los puntos terminales de consumo.

La adaptación de la nueva instalación a la infraestructura disponible se realizará respetando los recorridos existentes, las zonas técnicas y las condiciones constructivas del edificio. Las canalizaciones se ejecutarán de forma ordenada y accesible, procurando minimizar afecciones sobre otras instalaciones y permitiendo futuras labores de inspección y mantenimiento.

Antes de la puesta en servicio, se comprobará la correcta ejecución de los enlaces, la ausencia de fugas, el funcionamiento de las válvulas de corte, la presión disponible en cada red y la correspondencia entre cada punto de consumo y el tipo de aire comprimido previsto. De esta forma se garantiza que la nueva instalación queda correctamente integrada con las redes existentes del edificio y preparada para alimentar de forma segura la sala de rayos X.

3.1.5 Instalación de aire comprimido libre de aceite

La instalación de aire comprimido libre de aceite se ejecutará como una red independiente, destinada al suministro de aquellos equipos de la nueva sala de rayos X que requieran aire comprimido de calidad, exento de contaminación por aceite. Esta red se mantendrá separada

en todo su recorrido de la instalación de aire comprimido convencional, evitando cualquier posibilidad de mezcla entre ambos servicios.

La alimentación de esta red se realizará mediante conexión a la instalación existente de aire comprimido libre de aceite del edificio. Desde dicho punto de enlace se ejecutará la prolongación de la red hasta la nueva sala, mediante canalización instalada en superficie, siguiendo recorridos ordenados, accesibles y compatibles con el resto de las instalaciones existentes en la zona.

La distribución se realizará mediante tubería **de acero inoxidable**, adecuada para instalaciones de aire comprimido libre de aceite, al tratarse de un material resistente, limpio, durable y compatible con la calidad de aire requerida. La tubería prevista será de diámetro reducido, adecuado a los caudales de servicio de los equipos, ejecutada con sus correspondientes accesorios de unión, codos, derivaciones, soportes y elementos de fijación.

La instalación discurrirá desde la red existente hasta los puntos de consumo previstos en la sala, incluyendo los tramos horizontales y verticales necesarios para salvar los distintos recorridos entre plantas o zonas técnicas. Las canalizaciones se dispondrán vistas, convenientemente alineadas y fijadas mediante abrazaderas y anclajes apropiados, garantizando su estabilidad mecánica y permitiendo su inspección y mantenimiento.

En los puntos de consumo se instalarán las tomas necesarias para la conexión de los equipos que requieran aire comprimido libre de aceite. Dichos puntos estarán dotados de los elementos de conexión adecuados, incluyendo racores, válvulas de corte y, cuando sea necesario, reductores o reguladores de presión para adaptar el suministro a las condiciones de funcionamiento de cada equipo.

Cada toma deberá quedar claramente identificada como **aire comprimido libre de aceite**, diferenciándose de forma inequívoca de las tomas correspondientes a la red de aire comprimido convencional. Esta identificación se mantendrá en los puntos terminales, en los tramos principales y en los elementos de maniobra o corte, con el fin de evitar errores de conexión durante el uso y mantenimiento de la instalación.

La red se ejecutará garantizando la estanqueidad de todas las uniones, la continuidad del suministro, la accesibilidad de los elementos de corte y regulación, y la correcta integración con la instalación existente del edificio. Antes de su puesta en servicio, se realizarán las comprobaciones necesarias para verificar la ausencia de fugas, la presión disponible en los puntos de toma y el correcto funcionamiento de los elementos de regulación y conexión.

3.1.6 Instalación de aire comprimido convencional

La instalación de aire comprimido convencional se ejecutará como una red independiente destinada al suministro de aire comprimido para los usos generales previstos en la nueva sala de rayos X, así como para aquellos equipos o servicios que no requieran condiciones específicas de aire libre de aceite.

La alimentación de esta red se realizará mediante conexión a la instalación existente de aire comprimido convencional del edificio. Desde el punto de enlace se prolongará la red hasta la sala objeto de actuación, ejecutando los recorridos necesarios para alcanzar los puntos de consumo previstos. La instalación se dispondrá en superficie, con trazados ordenados, accesibles y compatibles con el resto de las instalaciones existentes o proyectadas en la zona.

La distribución se realizará mediante **tubería de cobre rígido**, material adecuado para instalaciones de aire comprimido convencional por su resistencia mecánica, durabilidad, facilidad de montaje y buen comportamiento frente a las condiciones habituales de servicio. La tubería se instalará con los accesorios necesarios para su correcta ejecución, incluyendo uniones, codos, derivaciones, racores, abrazaderas, soportes y elementos de fijación.

La red contará con los correspondientes elementos de corte y conexión, de forma que sea posible aislar la instalación o determinados tramos para operaciones de mantenimiento, comprobación o reparación. Las válvulas de corte se ubicarán en puntos accesibles y claramente identificables, facilitando la explotación de la instalación.

En los puntos de consumo se instalarán las tomas necesarias para la conexión de los equipos o servicios que requieran aire comprimido convencional. Dichas tomas dispondrán de los elementos terminales adecuados, pudiendo incorporar reguladores o reductores de presión cuando resulte necesario adaptar la presión de suministro a las condiciones de funcionamiento de los equipos conectados.

La instalación se ejecutará manteniendo en todo momento su independencia respecto a la red de aire comprimido libre de aceite, evitando cualquier interconexión entre ambas redes. Para ello, los recorridos, puntos de toma y elementos de maniobra quedarán debidamente diferenciados e identificados.

Antes de la puesta en servicio se comprobará la correcta ejecución de las uniones, la fijación de las canalizaciones, la accesibilidad de los elementos de corte, la estanqueidad de la red y la presión disponible en los puntos de consumo. Con ello se garantiza que la instalación de aire comprimido convencional queda correctamente integrada con la red existente del edificio y preparada para dar servicio a la nueva sala de rayos X de forma segura y funcional.

3.1.7 Canalizaciones y materiales empleados

Las canalizaciones de aire comprimido se ejecutarán mediante tuberías metálicas instaladas en superficie, adecuadamente fijadas a paramentos, techos o elementos estructurales existentes, siguiendo recorridos ordenados, accesibles y compatibles con el resto de las instalaciones de la sala.

La instalación dispondrá de dos tipos de canalización diferenciados, en función del servicio al que estén destinadas:

RED DE AIRE COMPRIMIDO LIBRE DE ACEITE

La red de aire comprimido libre de aceite se ejecutará mediante **tubería de acero inoxidable**, material adecuado para preservar la calidad del aire suministrado y evitar contaminaciones que pudieran afectar a los equipos conectados.

La tubería se instalará vista, con trazado continuo desde el punto de conexión con la red existente hasta los puntos de toma previstos en la sala. Se emplearán accesorios compatibles con acero inoxidable, incluyendo codos, uniones, derivaciones, enlaces, racores y elementos terminales necesarios para completar la instalación.

Todas las uniones se ejecutarán garantizando la estanqueidad de la red y evitando la incorporación de materiales o elementos que puedan comprometer la calidad del aire libre de aceite.

RED DE AIRE COMPRIMIDO CONVENCIONAL

La red de aire comprimido convencional se ejecutará mediante **tubería de cobre rígido**, adecuada para instalaciones de aire comprimido de uso general por su resistencia, durabilidad y facilidad de montaje.

La tubería se dispondrá igualmente en superficie, con recorridos ordenados y accesibles, desde el punto de conexión con la instalación existente hasta los puntos de consumo previstos. Se instalarán los accesorios necesarios para la correcta ejecución del trazado, incluyendo uniones, codos, derivaciones, racores, elementos de transición y piezas de conexión.

Las uniones se realizarán mediante sistemas apropiados para tubería de cobre y para las condiciones de presión de servicio de la instalación, asegurando la estanqueidad y resistencia mecánica del conjunto.

ACCESORIOS, VÁLVULAS Y ELEMENTOS AUXILIARES

En ambas redes se instalarán los accesorios necesarios para permitir un funcionamiento seguro, ordenado y mantenible de la instalación. De forma general, se contemplan los siguientes elementos:

- Codos y cambios de dirección para adaptar los recorridos a la configuración de la sala.
- Derivaciones para alimentación de los puntos de toma.
- Racores y elementos de conexión terminal para los equipos.
- Válvulas de corte en puntos accesibles, que permitan aislar tramos o tomas de forma independiente.

- Reductores o reguladores de presión en aquellos puntos donde sea necesario adaptar la presión de suministro a las condiciones de funcionamiento de los equipos.
- Manómetros asociados a los elementos de regulación, cuando proceda, para permitir la comprobación visual de la presión de servicio.
- Elementos de transición entre la red existente y las nuevas canalizaciones.
- Tapones, purgas o elementos auxiliares necesarios para el correcto remate de la instalación.

Los puntos de toma se ejecutarán con elementos terminales adecuados al tipo de aire comprimido suministrado y al uso previsto. Cada toma deberá quedar correctamente fijada, accesible y diferenciada, evitando cualquier posibilidad de confusión entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional.

SOPORTACIÓN Y FIJACIONES

Las tuberías se fijarán mediante abrazaderas, soportes y anclajes adecuados al diámetro, material y recorrido de cada canalización. La separación entre soportes será la necesaria para evitar deformaciones, vibraciones o esfuerzos indebidos sobre las uniones y accesorios.

Los soportes deberán garantizar la estabilidad mecánica de la instalación, permitiendo al mismo tiempo las pequeñas dilataciones propias del material y evitando contactos directos con otros elementos que puedan producir deterioros, ruidos o vibraciones.

En los pasos próximos a equipos, paramentos, cambios de dirección o puntos de toma, se reforzará la fijación para asegurar la correcta terminación de la instalación y evitar esfuerzos sobre las conexiones terminales.

CRITERIOS GENERALES DE MONTAJE DE MATERIALES

Todos los materiales empleados deberán ser compatibles con aire comprimido y adecuados para la presión de servicio de la instalación. Las tuberías se instalarán limpias interiormente, libres de rebabas, restos de mecanizado, partículas o suciedad que pudieran ser arrastradas por el flujo de aire.

Durante la ejecución se evitarán recorridos innecesarios, cambios bruscos de dirección no justificados y puntos que dificulten el mantenimiento. Las canalizaciones quedarán alineadas, correctamente niveladas y con una disposición que facilite su inspección posterior.

Finalmente, ambas redes deberán quedar claramente identificadas mediante rotulación o señalización diferenciada, indicando el tipo de servicio correspondiente: **aire comprimido libre de aceite y aire comprimido convencional.**

3.1.8 Puntos de toma y conexión a equipos

Los puntos de toma constituyen los elementos terminales de la instalación de aire comprimido y estarán destinados a permitir la conexión segura y funcional de los equipos ubicados en la nueva sala de rayos X. Se dispondrán tomas diferenciadas para cada tipo de servicio, manteniendo en todo momento la separación entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional.

Cada punto de toma se ubicará en una posición funcional y accesible, próxima a los equipos que deban ser alimentados, evitando recorridos flexibles innecesarios, cruces con zonas de paso o interferencias con otros servicios de la sala. La disposición de las tomas deberá facilitar tanto la conexión inicial de los equipos como las posteriores labores de inspección, regulación y mantenimiento.

Los puntos finales de suministro incluirán los elementos necesarios para garantizar una correcta conexión a los equipos, tales como válvula de corte, racor de conexión, reductor o regulador de presión cuando proceda, manómetro de comprobación y elementos auxiliares de fijación. Estos componentes permitirán aislar cada toma de forma individual, ajustar la presión de servicio requerida y verificar visualmente las condiciones de suministro.

En la red de **aire comprimido libre de aceite**, las tomas estarán destinadas a los equipos que requieran una calidad de aire específica, evitando la presencia de aceite en el suministro. Por ello, los elementos terminales, racores y accesorios empleados deberán ser compatibles con este tipo de servicio y no comprometer la calidad del aire suministrado.

En la red de **aire comprimido convencional**, los puntos de toma se destinarán a usos generales o auxiliares de la sala que no requieran condiciones específicas de aire libre de aceite. Estos puntos se ejecutarán igualmente con válvula de corte, conexión terminal adecuada y, cuando sea necesario, regulación de presión.

Las conexiones a los equipos se realizarán respetando las condiciones de funcionamiento indicadas para cada aparato, especialmente en lo relativo a presión de servicio, caudal disponible, calidad del aire requerida y tipo de conexión admisible. En ningún caso se permitirá la conexión de un equipo que requiera aire libre de aceite a una toma de aire comprimido convencional.

Todas las tomas quedarán correctamente soportadas, fijadas e identificadas. La señalización deberá indicar claramente el tipo de aire suministrado, diferenciando de forma inequívoca entre:

- **aire comprimido libre de aceite.**
- **aire comprimido convencional.**

Antes de la puesta en servicio se comprobará la correspondencia entre cada toma y el equipo asociado, la correcta regulación de presión, la estanqueidad de las conexiones, el funcionamiento de las válvulas de corte y la ausencia de interferencias con el uso normal de la sala. Con ello se garantiza que los puntos de suministro quedan preparados para alimentar

los equipos previstos de forma segura, ordenada y compatible con sus necesidades de funcionamiento.

3.1.9 Criterios de montaje y ejecución

La instalación de aire comprimido se ejecutará siguiendo criterios de montaje ordenado, seguro y accesible, de forma que las redes queden correctamente integradas en la nueva sala de rayos X y sean fácilmente identificables durante su uso, inspección y mantenimiento.

Las canalizaciones se instalarán preferentemente en superficie, mediante trazados vistos y registrables, evitando empotramientos o recorridos ocultos que dificulten futuras operaciones de revisión. Los recorridos se dispondrán de forma limpia y racional, procurando minimizar cambios de dirección, cruces innecesarios y interferencias con otras instalaciones existentes o previstas.

El trazado de las tuberías se realizará respetando la configuración de la sala y la ubicación funcional de los equipos a alimentar. Las conducciones discurrirán por zonas que no interfieran con el uso normal del local, con los accesos, con las zonas de mantenimiento de los equipos ni con otros servicios técnicos. Siempre que sea posible, se agruparán los recorridos de manera ordenada, manteniendo la separación necesaria entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional.

Las tuberías se fijarán mediante soportes, abrazaderas y anclajes adecuados al material y diámetro de cada red. La soportación deberá garantizar la estabilidad mecánica de las canalizaciones, evitando deformaciones, vibraciones, flechas excesivas o esfuerzos indebidos sobre uniones, válvulas, derivaciones y puntos de toma. En los cambios de dirección, derivaciones, pasos entre zonas y proximidad a puntos terminales, se reforzará la fijación cuando resulte necesario.

Durante la ejecución se prestará especial atención a la limpieza interior de las tuberías, evitando la entrada de polvo, virutas, restos de mecanizado o cualquier partícula que pueda ser arrastrada por el aire comprimido hacia los equipos. Las conducciones deberán instalarse correctamente cortadas, desbarbadas y rematadas, garantizando la estanqueidad de todas las uniones y la continuidad mecánica de la instalación.

Las redes se ejecutarán de forma independiente, sin interconexiones entre la instalación de aire comprimido libre de aceite y la instalación de aire comprimido convencional. Esta separación deberá mantenerse desde el punto de conexión con la red existente hasta los puntos de toma finales, evitando cualquier posibilidad de contaminación cruzada o uso incorrecto de los servicios.

Los elementos de corte, regulación y conexión se instalarán en lugares accesibles, de forma que puedan ser accionados, revisados o sustituidos sin necesidad de desmontajes complejos. Las válvulas de corte deberán permitir el aislamiento de los tramos o puntos de consumo que resulte necesario durante las operaciones de mantenimiento o intervención sobre la instalación.

En aquellos puntos donde exista riesgo de golpes, interferencias o deterioro por proximidad a zonas de paso, equipos o elementos móviles, se adoptarán las medidas necesarias de protección mecánica. Estas podrán consistir en una adecuada ubicación del trazado, refuerzo de soportes, separación respecto a zonas expuestas o incorporación de protecciones auxiliares cuando proceda.

La instalación deberá quedar debidamente identificada en todo su recorrido. Se señalarán de forma clara y diferenciada ambas redes, indicando expresamente el servicio correspondiente: **aire comprimido libre de aceite** o **aire comprimido convencional**. La identificación se dispondrá especialmente en puntos de conexión, válvulas, derivaciones, pasos entre zonas y tomas terminales.

La ejecución deberá realizarse de forma compatible con el resto de las instalaciones de la sala, respetando las distancias necesarias respecto a canalizaciones eléctricas, climatización, ventilación, gases u otros servicios técnicos. Cuando se produzcan cruces o proximidades entre instalaciones, se resolverán de forma ordenada, segura y mantenible, evitando apoyos indebidos entre canalizaciones.

Una vez finalizado el montaje, se revisará visualmente la instalación para comprobar la correcta alineación de las tuberías, la firmeza de las fijaciones, la accesibilidad de los elementos de maniobra, la identificación de las redes y la correcta disposición de los puntos de toma. Posteriormente se realizarán las pruebas de estanqueidad, presión y funcionamiento necesarias antes de la puesta en servicio.

3.1.10 Identificación, señalización y diferenciación de redes

La instalación de aire comprimido deberá quedar claramente identificada en todo su recorrido, diferenciando de forma inequívoca la red de **aire comprimido libre de aceite** y la red de **aire comprimido convencional**. Esta identificación resulta fundamental para garantizar el uso correcto de cada servicio, evitar conexiones cruzadas y prevenir errores durante la explotación, mantenimiento o futuras modificaciones de la instalación.

Cada red se señalará mediante rotulación específica, visible y permanente, indicando expresamente el tipo de aire suministrado. La identificación se colocará, como mínimo, en los siguientes puntos:

- Puntos de conexión con la instalación existente del edificio.
- Tramos principales de distribución.
- Derivaciones.
- Válvulas de corte.
- Elementos de regulación de presión.
- Puntos de toma y conexión a equipos.

- Cambios de dirección o pasos entre zonas cuando sea necesario para mantener la trazabilidad de la red.

La red de **aire comprimido libre de aceite** se identificará de forma diferenciada respecto de la red convencional, de manera que cualquier usuario o mantenedor pueda reconocerla sin ambigüedad. Esta red estará destinada exclusivamente a los equipos que requieran aire comprimido exento de aceite, por lo que no se permitirá su interconexión con la red de aire comprimido convencional ni su utilización para usos no previstos.

La red de **aire comprimido convencional** se identificará igualmente en todos sus puntos relevantes, quedando destinada a los consumos generales de aire comprimido de la sala que no requieran las condiciones específicas del aire libre de aceite.

Los puntos de toma deberán incorporar una identificación clara junto a la conexión terminal, indicando el tipo de servicio disponible. Esta señalización deberá permanecer visible incluso con los equipos instalados, evitando que pueda quedar oculta por mobiliario, carenados, canalizaciones u otros elementos de la sala.

Asimismo, los elementos de regulación, manómetros y válvulas asociados a cada red deberán quedar vinculados visualmente al servicio correspondiente. De esta forma se facilita la operación segura de la instalación y se evita actuar sobre una red distinta a la prevista.

Durante la ejecución se mantendrá la independencia física y funcional de ambas redes. Los recorridos podrán discurrir próximos cuando las condiciones de montaje lo requieran, pero deberán conservar una disposición ordenada y una identificación suficiente para evitar confusiones. En ningún caso se admitirán puentes, derivaciones comunes o conexiones que permitan la mezcla entre aire comprimido libre de aceite y aire comprimido convencional.

La señalización se realizará con materiales duraderos, resistentes al ambiente de la sala y adecuados para permanecer legibles durante la vida útil de la instalación. En caso de futuras ampliaciones o modificaciones, deberá mantenerse el mismo criterio de identificación para conservar la coherencia del conjunto.

Con estos criterios se garantiza una explotación segura, una correcta trazabilidad de las redes y una adecuada diferenciación entre los servicios de aire comprimido previstos para la nueva sala de rayos X.

3.1.11 Condiciones de seguridad y funcionamiento

La instalación de aire comprimido se ejecutará adoptando las medidas necesarias para garantizar un funcionamiento seguro, estable y adecuado a los equipos a los que presta servicio. Ambas redes, tanto la de aire comprimido libre de aceite como la de aire comprimido convencional, deberán mantenerse independientes, correctamente identificadas y en condiciones de estanqueidad durante toda su vida útil.

Cada red dispondrá de los elementos de corte necesarios para permitir el aislamiento de la instalación o de determinados tramos en caso de mantenimiento, revisión, reparación o modificación. Las válvulas de corte se instalarán en puntos accesibles y claramente identificados, especialmente en las conexiones con las redes existentes, en derivaciones principales y en los puntos terminales de consumo.

Los puntos de toma destinados a la conexión de equipos deberán incorporar, cuando sea necesario, elementos de regulación de presión que permitan adaptar el suministro a las condiciones de funcionamiento requeridas por cada aparato. Estos reguladores deberán ser accesibles para su ajuste y comprobación, y podrán disponer de manómetro asociado para verificar visualmente la presión de servicio.

La instalación se ejecutará garantizando la estanqueidad de todas las uniones, accesorios, válvulas, racores y puntos terminales. Antes de la puesta en servicio se realizarán las comprobaciones necesarias para verificar la ausencia de fugas y asegurar que la presión disponible en cada punto de consumo es adecuada para el uso previsto.

Las canalizaciones deberán quedar correctamente soportadas y fijadas, evitando vibraciones, desplazamientos, esfuerzos indebidos sobre las uniones o deterioro por contacto con otros elementos. En las zonas donde exista riesgo de golpeo, interferencia o manipulación accidental, se adoptarán medidas de protección o ubicación adecuadas para preservar la integridad de la instalación.

La accesibilidad será un criterio fundamental en la ejecución. Los elementos de maniobra, regulación, conexión y comprobación deberán quedar situados de forma que puedan ser revisados y mantenidos sin necesidad de desmontajes complejos ni afección significativa al funcionamiento de la sala. Esta condición permitirá realizar operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de forma segura y eficiente.

Se mantendrá en todo momento la separación entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional. No se permitirá la existencia de interconexiones, derivaciones comunes ni puntos de uso indistintos entre ambas redes, con el fin de evitar contaminaciones cruzadas o conexiones erróneas de los equipos.

El uso de la instalación deberá realizarse únicamente para los fines previstos, conectando cada equipo a la toma correspondiente según sus necesidades de presión, caudal y calidad de aire. Los usuarios y personal de mantenimiento deberán respetar la identificación de las redes y no modificar conexiones, regulaciones o elementos de corte sin la correspondiente comprobación técnica.

Con estas medidas se garantiza que la instalación de aire comprimido funcione de forma segura, controlada y compatible con las necesidades de la nueva sala de rayos X, facilitando además su mantenimiento y reduciendo el riesgo de incidencias durante su explotación.

3.1.12 Pruebas y comprobaciones finales

Una vez finalizados los trabajos de montaje de la instalación de aire comprimido, y antes de su puesta en servicio, se realizarán las pruebas y comprobaciones necesarias para verificar que ambas redes han sido ejecutadas correctamente y se encuentran en condiciones adecuadas de funcionamiento.

Las comprobaciones se realizarán de forma independiente para la red de **aire comprimido libre de aceite** y para la red de **aire comprimido convencional**, manteniendo en todo momento la separación entre ambas instalaciones y verificando que cada punto de toma corresponde al servicio previsto.

En primer lugar, se efectuará una **inspección visual general** de la instalación, comprobando el correcto trazado de las canalizaciones, la adecuada alineación de las tuberías, la correcta ejecución de uniones, derivaciones, cambios de dirección, válvulas, reguladores, racores y puntos terminales. Asimismo, se revisará que no existan interferencias con otros servicios de la sala ni elementos que puedan dificultar el uso o mantenimiento de la instalación.

Se comprobará la **correcta soportación y fijación** de las tuberías, verificando que las abrazaderas, anclajes y soportes instalados son adecuados y que las canalizaciones no presentan deformaciones, vibraciones, esfuerzos indebidos ni apoyos incorrectos sobre otros elementos. También se revisará especialmente la fijación en puntos de toma, cambios de dirección y derivaciones.

Posteriormente, se realizará la **prueba de estanqueidad** de cada red, presurizando la instalación y comprobando la ausencia de fugas en tuberías, uniones, válvulas, racores, reguladores y puntos terminales. Cualquier fuga detectada deberá ser corregida antes de la puesta en servicio, repitiendo la comprobación hasta asegurar la estanqueidad completa del sistema.

Se verificará la **presión disponible** en los puntos de consumo, comprobando que el suministro llega correctamente a cada toma y que la presión es compatible con las necesidades de los equipos previstos. En aquellos puntos que dispongan de regulador o reductor de presión, se ajustará la presión de servicio y se comprobará su estabilidad mediante el manómetro correspondiente, cuando exista.

También se comprobará el **funcionamiento de las válvulas de corte**, asegurando que permiten aislar correctamente los tramos o puntos de consumo asociados. Las válvulas deberán quedar accesibles, operativas e identificadas, permitiendo su accionamiento de forma sencilla durante las labores de mantenimiento o intervención.

En los **puntos de toma y conexión a equipos**, se verificará la correcta instalación de los elementos terminales, la accesibilidad de las conexiones, la firmeza de los racores, la correspondencia con el tipo de aire suministrado y la correcta identificación de cada servicio. Se prestará especial atención a que no exista posibilidad de conexión cruzada entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional.

Finalmente, se revisará la **identificación y señalización** de ambas redes, comprobando que las tuberías, válvulas, reguladores y puntos de toma quedan claramente diferenciados como aire comprimido libre de aceite o aire comprimido convencional.

Superadas las comprobaciones anteriores, la instalación podrá ponerse en servicio, quedando preparada para alimentar de forma segura y funcional los equipos previstos en la nueva sala de rayos X.

3.1.13 Mantenimiento y recomendaciones de uso

La instalación de aire comprimido deberá mantenerse en adecuadas condiciones de conservación durante toda su vida útil, realizando revisiones periódicas que permitan asegurar su correcto funcionamiento, la estanqueidad de las redes y la seguridad de los equipos conectados.

El mantenimiento deberá contemplar, como mínimo, la revisión de las dos redes diferenciadas de la instalación:

- Red de **aire comprimido libre de aceite**.
- Red de **aire comprimido convencional**.

Ambas redes deberán conservarse independientes, correctamente identificadas y sin interconexiones entre ellas. Cualquier modificación, ampliación o reparación deberá respetar esta separación, evitando conexiones cruzadas o cambios de uso que puedan comprometer la calidad del aire suministrado o el funcionamiento de los equipos.

Se recomienda realizar inspecciones visuales periódicas de las canalizaciones, comprobando el estado general de las tuberías, accesorios, soportes, abrazaderas, anclajes, válvulas, reguladores y puntos de toma. Durante estas revisiones se verificará que no existan deformaciones, golpes, vibraciones, corrosión, aflojamientos, fugas visibles o interferencias con otras instalaciones.

Las conexiones y racores de los puntos de toma deberán revisarse de forma periódica, especialmente en aquellos puntos sometidos a conexión y desconexión frecuente de equipos. Deberá comprobarse que las conexiones permanecen firmes, accesibles, limpias y correctamente identificadas según el tipo de aire comprimido suministrado.

Los elementos de regulación de presión deberán mantenerse operativos y accesibles. Se comprobará que los reguladores o reductores permiten ajustar correctamente la presión de servicio y que los manómetros, cuando existan, ofrecen una lectura clara y estable. Cualquier elemento defectuoso, dañado o con funcionamiento irregular deberá ser sustituido o reparado antes de continuar el uso normal de la instalación.

Las válvulas de corte deberán accionarse periódicamente para comprobar que se encuentran operativas y que permiten aislar correctamente los tramos o puntos de consumo asociados.

Estas válvulas deberán permanecer accesibles y libres de obstáculos, evitando que queden ocultas por mobiliario, equipos u otros elementos de la sala.

Será recomendable efectuar comprobaciones periódicas de estanqueidad, prestando especial atención a uniones, derivaciones, racores, válvulas, reguladores y puntos terminales. En caso de detectarse pérdidas de presión, ruidos anómalos, fugas o funcionamiento irregular de algún punto de toma, deberá procederse a su revisión y reparación antes de volver a poner en servicio el tramo afectado.

En la red de aire comprimido libre de aceite se prestará especial atención a la limpieza y conservación de los elementos terminales, evitando la incorporación de accesorios, mangueras o conexiones que puedan contaminar la red o comprometer la calidad del aire suministrado. Esta red deberá utilizarse exclusivamente para los equipos que requieran aire libre de aceite.

La red de aire comprimido convencional se destinará únicamente a los usos generales previstos, sin emplearse para equipos que requieran condiciones específicas de aire libre de aceite. Los usuarios deberán conectar cada equipo exclusivamente a la toma correspondiente, respetando la identificación de la instalación y las condiciones de presión y caudal requeridas.

No deberán realizarse modificaciones, derivaciones adicionales, sustitución de accesorios o cambios de conexión sin una comprobación técnica previa. Toda intervención sobre la instalación deberá ejecutarse con la red aislada y despresurizada en el tramo afectado, adoptando las medidas de seguridad necesarias para evitar maniobras accidentales o descargas de aire comprimido.

Con estas actuaciones de mantenimiento y uso adecuado se garantiza la conservación de la instalación, la seguridad de funcionamiento, la disponibilidad del servicio y la correcta alimentación de los equipos de la nueva sala de rayos X.

3.1.14 Conclusión

La instalación descrita permite dotar a la nueva sala de rayos X de un suministro de aire comprimido adecuado a sus necesidades de funcionamiento, mediante la ejecución de dos redes diferenciadas: una red de **aire comprimido libre de aceite** y una red de **aire comprimido convencional**.

Ambas redes se conectarán a las instalaciones existentes del edificio, integrándose en la infraestructura disponible y prolongando el servicio hasta los puntos de consumo previstos en la sala. La solución adoptada garantiza una ejecución ordenada, accesible y mantenible, mediante canalizaciones instaladas en superficie, correctamente soportadas, identificadas y equipadas con los elementos de corte, regulación y conexión necesarios.

La separación física y funcional entre la red de aire comprimido libre de aceite y la red de aire comprimido convencional permite evitar contaminaciones cruzadas, conexiones indebidas o

usos no previstos, asegurando que cada equipo pueda conectarse al tipo de aire comprimido que requiere.

Los materiales previstos, los criterios de montaje, la identificación de redes, la disposición de válvulas de corte, los elementos de regulación de presión y las comprobaciones finales de estanqueidad y funcionamiento permiten considerar la instalación como una solución segura, funcional y compatible con el uso técnico de la sala.

En consecuencia, la instalación proyectada resulta adecuada para prestar servicio a la nueva sala de rayos X, garantizando el suministro de aire comprimido necesario de forma ordenada, segura y coherente con las redes existentes del edificio.

4.- ANEJO CÁLCULOS INSTALACIÓN AIRE A PRESIÓN LIBRE DE ACEITE.

4.1.-Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Tuberías y válvulas.

$$Pa^2 - Pb^2 = 48,6 \times dr \times L \times Q1,82 \times D-4,82$$

$$v = (360,86 \times Q) / (Pm \times D^2)$$

Siendo:

Pa y Pb = Presiones absolutas en origen y extremo del conducto respectivamente, en bar.

dr = Densidad relativa del gas.

L = Longitud equivalente de tubería o válvula (m).

Q = Caudal simultáneo o probable (m³/h).

D = Diámetro de tubería (mm).

v = Velocidad del gas (m/s).

Pm = Presión absoluta media en el tramo (bar). $(Pa + Pb) / 2$.

Datos Generales

Tipo de gas : Aire.

Densidad relativa aire : 1.

Densidad (kg/m³): 1,293.

Velocidad máxima (m/s) : 20.

Pérdidas secundarias : 20%.

Presión de paro compresor: 1,4 bar superior a la presión de arranque.

Nº de arranques/hora permitidos: 20.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Lreal(m)	Func.Tramo	Material	Qi(m³/h)	Qs(m³/h)	Dn(mm)	Dint(mm)	Pa-Pb (bar)	V(m/s)
1	1	2	31,68	Tubería	AcerInox	1,6	1,6	15	13,8	0,0008	0,37
3	2	3	3	Montante	AcerInox	1,6	1,6	15	13,8	0,0001	0,37
6	5	6	0,2	Tubería	AcerInox	1,5	1,5	15	13,8		0,35
9	4	7	10,14	Tubería	AcerInox	0,1	0,1	15	13,8		0,02
7	3	4	0,23	Tubería	AcerInox	1,6	1,6	15	13,8		0,37*
8	4	5	0,4	Tubería	AcerInox	1,5	1,5	15	13,8		0,35
10	7	8	0,23	Tubería	AcerInox	0,09	0,09	15	13,8		0,02
11	7	9	6,11	Tubería	AcerInox	0,01	0,01	15	13,8		0

NOTA:

- * Rama de mayor velocidad o nudo de menor presión dinámica.

Nudo	Aparato	Cota sobre planta(m)	Cota total (m)	Pr(bar)	Caudal (m³/h)
1	COMP+DEP	0	0	7,222	
2		0	0	7,221	
3		0	6	7,221	
9	Punto de toma	0	6	7,221/6	0,01
5		0	6	7,221	
6	Punto de toma	0	6	7,221/7*	1,5
8	Punto de toma	0	6	7,221/5	0,09
4		0	6	7,221	
7		0	6	7,221	

CALCULOS COMPLEMENTARIOS.

COMPRESOR:

Presión arranque compresor (bar) : 7.22.

Presión paro compresor (bar) : 8.62.

Presión nominal compresor (bar) : 10.

Caudal (m³/h) : 14.

Potencia (kW) : 2.2.

DEPOSITO ALMACENAMIENTO:

Presión máxima admisible PS (bar) : 10.

Volumen depósito (l) : 300.

VALVULA DE SEGURIDAD DEPOSITO ALMACENAMIENTO:

Presión de precinto o tarado Pp (bar) : 10.

Diámetro mínimo (mm) : 15.

PRODUCTO PxV.

PxV (bar x m³) : 3.

Anejo cálculos instalación aire a presión.

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Tuberías y válvulas.

$$P_a^2 - P_b^2 = 48,6 \times dr \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$v = (360,86 \times Q) / (P_m \times D^2)$$

Siendo:

P_a y P_b = Presiones absolutas en origen y extremo del conducto respectivamente, en bar.

dr = Densidad relativa del gas.

L = Longitud equivalente de tubería o válvula (m).

Q = Caudal simultáneo o probable (m³/h).

D = Diámetro de tubería (mm).

v = Velocidad del gas (m/s).

P_m = Presión absoluta media en el tramo (bar). (P_a + P_b) / 2.

Datos Generales

Tipo de gas : Aire.

Densidad relativa aire : 1.

Densidad (kg/m³): 1,293.

Velocidad máxima (m/s) : 20.

Pérdidas secundarias : 20%.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Lreal(m)	Func.Tramo	Material	Qi(m³/h)	Qs(m³/h)	Dn(mm)	Dint(mm)	Pa-Pb (bar)	V(m/s)
1	1	2	30,38	Tubería	Cobre	10	10	15	13	0,0334	2,85
2	2	3	3	Montante	Cobre	10	10	15	13	0,0033	2,86
3	3		9,29	Tubería	Cobre	10	10	15	13	0,0103	2,86*

Nudo	Aparato	Cota sobre planta(m)	Cota total (m)	Pr(bar)	Caudal (m³/h)
1	CRED	0	0	6,5	
2		0	0	6,467	
3		0	3	6,463	
	Punto de toma	0	3	6,453/5*	10

NOTA:

- * Rama de mayor velocidad o nudo de menor presión dinámica.

3.2 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

3.2.1 Objeto de la memoria

La presente memoria tiene por objeto describir las actuaciones previstas para la ejecución de la instalación de climatización y ventilación de una nueva sala de rayos X, destinada a garantizar unas condiciones adecuadas de confort térmico, renovación de aire y funcionamiento ambiental durante el uso normal de la dependencia.

La actuación comprende la ejecución de una nueva red de conductos de impulsión y retorno, así como la instalación de los elementos terminales necesarios para la correcta distribución y recogida del aire en el interior de la sala. Dicha instalación se integrará en la red existente de climatización y ventilación del edificio, conectándose a la red CL11 situada en el semisótano.

El alcance de los trabajos incluye la conexión a la instalación existente, el tendido de conductos, la colocación de difusores de impulsión y rejillas de retorno, la instalación de elementos de regulación y equilibrado, la soportación, aislamiento, sellado y remate de los diferentes componentes, así como las comprobaciones finales necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

La instalación se proyecta con criterios de funcionalidad, seguridad, integración con las redes existentes y facilidad de mantenimiento, empleando materiales adecuados para instalaciones de climatización y ventilación en entorno técnico/laboratorio.

3.2.2 Antecedentes y necesidad de la actuación

La actuación se plantea como consecuencia de la habilitación de una nueva sala de rayos X dentro del edificio, siendo necesario dotar a dicha dependencia de una instalación de climatización y ventilación adecuada a su nuevo uso.

La sala requiere unas condiciones ambientales estables que permitan el correcto desarrollo de la actividad prevista, tanto desde el punto de vista del confort de los usuarios como de la adecuada renovación del aire interior. Asimismo, al tratarse de una sala destinada a albergar equipamiento técnico, resulta necesario disponer de una distribución de aire que contribuya a mantener unas condiciones térmicas compatibles con el funcionamiento de los equipos y con la ocupación prevista.

El edificio dispone de una instalación general de climatización y ventilación existente, por lo que la solución adoptada consiste en ejecutar una nueva red secundaria de conductos para la sala de rayos X, conectada a la red existente CL11 del semisótano. De este modo, se aprovecha la infraestructura disponible en el edificio, reduciendo la necesidad de incorporar sistemas independientes y favoreciendo una integración ordenada con las instalaciones generales.

La nueva instalación permitirá aportar aire climatizado a la sala y recoger el aire de retorno mediante elementos terminales distribuidos en el recinto, garantizando una circulación

adecuada del aire y evitando zonas con deficiente renovación o falta de acondicionamiento térmico.

Por tanto, la actuación resulta necesaria para adecuar la nueva sala de rayos X a las condiciones de uso previstas, asegurando una instalación funcional, integrada con las redes existentes, accesible para mantenimiento y compatible con el entorno técnico/laboratorio en el que se ubica.

Además de las necesidades de climatización y ventilación ambiental de la sala, los equipos científicos previstos requieren sistemas específicos de refrigeración por agua para evacuar el calor generado durante su funcionamiento.

La incorporación de estas instalaciones resulta necesaria para garantizar las condiciones de refrigeración requeridas por los equipos, manteniendo diferenciada la climatización ambiental de la sala de los sistemas de enfriamiento propios de la maquinaria científica.

3.2.3 Descripción general de la instalación

La instalación prevista consiste en la ejecución de una nueva red de climatización y ventilación para dar servicio a la sala de rayos X de nueva ejecución. Dicha red se integrará en la instalación general existente del edificio, conectándose a la red de climatización y ventilación **CL11 del semisótano**.

El sistema se plantea como una instalación conjunta de aportación de aire climatizado y retorno de aire, de forma que la sala disponga de una adecuada renovación de aire interior y de unas condiciones térmicas compatibles con su uso como sala técnica/laboratorio. Para ello, se ejecutarán derivaciones desde los conductos existentes de impulsión y retorno, conduciendo el aire hasta el interior de la nueva sala mediante conductos metálicos y elementos terminales de distribución.

La aportación de aire se realizará mediante una nueva derivación conectada al conducto existente de impulsión, desde la cual se alimentarán los difusores previstos en el interior de la sala. Estos difusores permitirán distribuir el aire de forma homogénea, evitando impulsiones directas molestas sobre la zona de trabajo, usuarios o equipos.

El retorno de aire se efectuará mediante rejillas instaladas en la propia sala, conectadas a una nueva red de conductos de retorno que enlazará con el conducto existente correspondiente. Esta disposición permitirá recoger el aire interior y devolverlo a la instalación general, favoreciendo una circulación equilibrada y evitando zonas con deficiente renovación.

La instalación se dimensiona para un caudal mínimo de ventilación de **432 m³/h**, repartido en **dos puntos de impulsión y dos puntos de retorno**, con un caudal unitario aproximado de **216 m³/h** por cada elemento terminal. La solución adoptada permite una distribución sencilla, equilibrada y compatible con la red existente del edificio.

Los nuevos conductos se ejecutarán con secciones adecuadas al caudal previsto, contemplando derivaciones principales de impulsión y retorno y ramales secundarios hasta los elementos terminales. Se dispondrán, asimismo, los accesorios necesarios para regulación, fijación, aislamiento, estanqueidad y correcta integración de la instalación en la sala.

Como instalación complementaria a la climatización y ventilación ambiental, se ejecutarán los sistemas de refrigeración por agua correspondientes a los equipos científicos de la sala.

En conjunto, la instalación prevista permite climatizar y ventilar la nueva sala de rayos X mediante una solución funcional, ordenada y conectada a la infraestructura existente del edificio, manteniendo criterios de eficiencia, accesibilidad para mantenimiento y adecuada distribución del aire interior.

3.2.4 Alcance de los trabajos a realizar

El alcance de la actuación comprende todos los trabajos necesarios para la ejecución de la nueva instalación de climatización y ventilación de la sala de rayos X, incluyendo su conexión a la red existente de climatización y ventilación **CL11 del semisótano**, la ejecución de los nuevos conductos de distribución y la instalación de los elementos terminales de impulsión y retorno.

Los trabajos principales a realizar son los siguientes:

- Conexión de la nueva red de impulsión al conducto existente de aportación de aire climatizado.
- Conexión de la nueva red de retorno al conducto existente de retorno de aire.
- Ejecución de los nuevos conductos metálicos de impulsión y retorno necesarios para dar servicio a la sala.
- Instalación de las derivaciones principales y ramales secundarios hasta los puntos terminales de aire.
- Colocación de **dos difusores de impulsión** para la aportación de aire climatizado a la sala.
- Colocación de **dos rejillas de retorno** para la recogida del aire interior.
- Instalación de plenums, conexiones flexibles o piezas de transición necesarias para la correcta unión entre conductos y elementos terminales.
- Colocación de compuertas o elementos de regulación que permitan el equilibrado de caudales en la instalación.

- Ejecución de soportes, anclajes y elementos de fijación para garantizar la estabilidad mecánica de los conductos.
- Sellado de uniones, encuentros y conexiones para asegurar la estanqueidad de la red.
- Colocación del aislamiento térmico necesario en los conductos de climatización, con objeto de reducir pérdidas térmicas y evitar condensaciones.
- Realización de remates, ajustes y acabados necesarios para la correcta integración de la instalación en la sala.
- Comprobación final de la instalación, incluyendo la verificación de conexiones, fijaciones, circulación de aire, regulación y funcionamiento general.

Los nuevos conductos se ejecutarán con secciones adecuadas al caudal de diseño, empleando conducto metálico para instalaciones de climatización y ventilación. Las derivaciones principales de impulsión y retorno se ejecutarán con sección aproximada de **250 × 200 mm**, disponiendo ramales secundarios hacia los elementos terminales de sección aproximada **200 × 150 mm**.

La instalación se completará con los accesorios necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, incluyendo piezas especiales, reducciones, embocaduras, soportación, aislamiento, sellados, elementos de regulación y remates finales. Todo ello se realizará con criterios de accesibilidad, estanqueidad, seguridad, integración con la instalación existente y facilidad de mantenimiento.

Asimismo, la actuación comprende la conexión hidráulica de los equipos técnicos que requieren refrigeración mediante sus correspondientes enfriadoras, situadas en el exterior del edificio. Los circuitos de agua se ejecutarán mediante redes de dos tubos de 1", desde los equipos ubicados en la sala hasta las unidades exteriores representadas en planos, incluyendo tuberías, aislamiento, soportación, accesorios, llenado, purgado y las comprobaciones necesarias para su correcta puesta en servicio.

3.2.5 Red de conductos de impulsión

La red de conductos de impulsión tiene por objeto aportar aire climatizado a la nueva sala de rayos X, garantizando una distribución adecuada del aire en el interior del recinto y contribuyendo tanto a la ventilación como al acondicionamiento térmico de la sala.

La nueva red de impulsión se conectará a la instalación existente de climatización y ventilación del edificio, concretamente a la red **CL11 del semisótano**. La conexión se realizará sobre el conducto existente de aportación de aire climatizado, desde el cual se ejecutará una derivación específica para alimentar la nueva sala.

El conducto existente de aportación dispone de sección suficiente para asumir el caudal previsto para la sala, por lo que la actuación se limita a la ejecución de la derivación, los nuevos tramos de conducto y los elementos terminales necesarios. La nueva derivación principal de impulsión se ejecutará mediante conducto metálico de sección aproximada **250 × 200 mm**, dimensionado para transportar el caudal total de aportación previsto.

Desde esta derivación principal partirán los ramales secundarios hacia los difusores de impulsión instalados en el interior de la sala. Dichos ramales se ejecutarán con sección aproximada **200 × 150 mm**, permitiendo repartir el caudal de forma equilibrada entre los dos puntos de aportación previstos.

La impulsión de aire en la sala se realizará mediante **dos difusores de techo**, preferentemente de dimensiones nominales **300 × 300 mm**, dotados de plenum de conexión y elemento de regulación. Cada difusor aportará un caudal aproximado de **216 m³/h**, resultando un caudal total de impulsión de **432 m³/h** para la sala.

Los difusores se ubicarán de forma que favorezcan una distribución homogénea del aire, evitando impulsiones directas sobre los usuarios, la zona de trabajo o los equipos instalados. La disposición de los elementos terminales deberá permitir una correcta mezcla del aire impulsado con el aire interior, reduciendo el riesgo de zonas muertas, corrientes molestas o cortocircuitos con el retorno.

La red de impulsión se completará con las piezas especiales necesarias para su correcta ejecución, incluyendo derivaciones, reducciones, embocaduras, conexiones a plenum, soportes, anclajes, sellados y elementos de regulación. Las uniones entre conductos deberán quedar correctamente selladas para garantizar la estanqueidad de la red y evitar pérdidas de caudal.

Los conductos de impulsión se aislarán térmicamente cuando discurren por zonas no acondicionadas, falsos techos o espacios donde pueda existir riesgo de pérdidas térmicas o condensaciones. El aislamiento se colocará de forma continua, protegiendo especialmente uniones, encuentros y cambios de sección.

En conjunto, la red de impulsión prevista permite aportar aire climatizado a la sala de rayos X de forma ordenada, equilibrada y compatible con la instalación existente del edificio, manteniendo velocidades de aire adecuadas, un nivel sonoro contenido y condiciones favorables para el uso técnico de la dependencia.

3.2.6 Red de conductos de retorno

La red de conductos de retorno tiene por objeto recoger el aire de la sala de rayos X y conducirlo nuevamente hacia la instalación general existente de climatización y ventilación del edificio, permitiendo mantener una circulación de aire equilibrada entre la impulsión y el retorno.

El retorno de aire se realizará mediante **dos rejillas de retorno** instaladas en el interior de la sala, situadas preferentemente en zonas alejadas de los puntos de impulsión, con el fin de favorecer el barrido del aire del recinto y evitar cortocircuitos entre el aire impulsado y el aire retornado.

Cada rejilla recogerá un caudal aproximado de **216 m³/h**, resultando un caudal total de retorno de **432 m³/h**, equivalente al caudal de impulsión previsto para la sala. Esta disposición permite mantener un equilibrio adecuado de caudales y contribuye a una correcta renovación y distribución del aire interior.

Las rejillas de retorno previstas serán de dimensiones nominales aproximadas **300 × 200 mm**, dotadas de compuerta o elemento de regulación posterior, con objeto de facilitar el ajuste de caudales durante las operaciones de equilibrado y puesta en servicio de la instalación.

Desde cada rejilla partirá un ramal secundario de retorno, ejecutado mediante conducto metálico de sección aproximada **200 × 150 mm**, hasta su conexión con la derivación principal de retorno. La derivación principal se ejecutará con sección aproximada **250 × 200 mm**, conduciendo el caudal total recogido en la sala hasta el conducto existente de retorno de la red **CL11 del semisótano**.

El conducto existente de retorno dispone de sección suficiente para recibir el caudal procedente de la nueva sala, por lo que la actuación consiste en la ejecución de la conexión, los nuevos tramos de conducto, los ramales a rejillas y los accesorios necesarios para su correcta integración en la red existente.

La red de retorno se ejecutará con conductos metálicos, piezas especiales, derivaciones, embocaduras, soportes, anclajes, elementos de regulación y sellados necesarios. Las uniones deberán quedar correctamente ajustadas y selladas, garantizando la estanqueidad de la instalación y evitando entradas de aire no controladas o pérdidas de caudal.

La disposición de las rejillas y conductos de retorno deberá permitir una recogida eficaz del aire interior, evitando zonas de estancamiento y favoreciendo una circulación adecuada en toda la sala. Asimismo, la instalación se ejecutará de forma accesible para permitir futuras operaciones de inspección, limpieza y mantenimiento.

En conjunto, la red de retorno prevista permite completar el sistema de climatización y ventilación de la nueva sala de rayos X, asegurando la correcta evacuación del aire interior hacia la red existente del edificio y manteniendo un funcionamiento equilibrado respecto a la impulsión.

3.2.7 Elementos terminales de aire

Los elementos terminales de aire previstos en la sala de rayos X tienen como función garantizar la correcta aportación y recogida del aire tratado, permitiendo una distribución homogénea en el interior del recinto y favoreciendo unas condiciones adecuadas de ventilación y climatización.

Para la impulsión de aire climatizado se instalarán **dos difusores de techo**, previstos para repartir el caudal de aportación de forma uniforme en la sala. Estos difusores permitirán introducir el aire tratado procedente de la red de impulsión, favoreciendo su mezcla con el aire ambiente y evitando concentraciones de aire frío o caliente en zonas concretas.

Los difusores serán preferentemente de tipo **cuadrado de techo**, de dimensiones nominales aproximadas **300 × 300 mm**, con plenum de conexión y compuerta de regulación. Cada difusor estará previsto para un caudal aproximado de **216 m³/h**, resultando un caudal total de impulsión de **432 m³/h**.

La ubicación de los difusores se realizará preferentemente en techo o falso techo, distribuidos de manera que se consiga una impulsión equilibrada sobre la zona ocupada, evitando la descarga directa sobre usuarios, puestos de trabajo, equipos sensibles o zona de exploración. Asimismo, se procurará que la posición de los difusores favorezca el barrido general de la sala y reduzca el riesgo de corrientes molestas.

Para la recogida del aire interior se instalarán **dos rejillas de retorno**, encargadas de captar el aire de la sala y conducirlo hacia la red de retorno conectada a la instalación existente. Las rejillas se dispondrán preferentemente en zonas opuestas o suficientemente alejadas de los difusores de impulsión, con objeto de evitar cortocircuitos de aire y favorecer una circulación adecuada en todo el recinto.

Las rejillas de retorno serán de dimensiones nominales aproximadas **300 × 200 mm**, con lamas fijas o configuración equivalente, y dispondrán de compuerta de regulación posterior para permitir el ajuste del caudal durante la puesta en servicio. Cada rejilla recogerá un caudal aproximado de **216 m³/h**, resultando un caudal total de retorno de **432 m³/h**.

Tanto los difusores como las rejillas deberán instalarse correctamente fijados, nivelados e integrados en el acabado de la sala, asegurando una unión adecuada con los conductos o plenums correspondientes. Las conexiones deberán quedar selladas para evitar pérdidas de aire, vibraciones o ruidos no deseados.

Los elementos terminales deberán quedar accesibles para permitir futuras operaciones de limpieza, inspección, regulación y mantenimiento. Su instalación se realizará con criterios de funcionalidad, bajo nivel sonoro, correcta distribución del aire y compatibilidad con el uso técnico de la sala de rayos X.

3.2.8 Materiales y componentes principales

La instalación se ejecutará con materiales y componentes adecuados para redes de climatización y ventilación en edificios de uso técnico/laboratorio, garantizando la correcta distribución del aire, la estanqueidad de la red, la durabilidad de la instalación y la facilidad de mantenimiento.

Los conductos de impulsión y retorno se realizarán mediante **conducto metálico de chapa galvanizada**, de sección rectangular, con las dimensiones necesarias para conducir los

caudales previstos. Las derivaciones principales hacia la sala se ejecutarán, de forma general, con conductos de **250 × 200 mm**, mientras que los ramales secundarios hacia los elementos terminales se realizarán con conductos de **200 × 150 mm**, salvo ajustes puntuales derivados de la ejecución en obra.

Las uniones entre tramos de conducto se realizarán mediante piezas adecuadas, bridas, marcos, juntas, tornillería y elementos de unión compatibles con el sistema de conductos empleado. Todas las conexiones deberán quedar correctamente ajustadas y selladas, evitando pérdidas de aire, vibraciones o entradas de aire no controladas.

Los conductos de impulsión dispondrán de **aislamiento térmico** cuando resulte necesario por su recorrido, especialmente en zonas no acondicionadas, falsos techos, pasos técnicos o puntos donde pueda existir riesgo de pérdidas térmicas o condensaciones. El aislamiento se instalará de forma continua, prestando especial atención a uniones, derivaciones, reducciones y conexiones con plenums o elementos terminales.

La impulsión de aire en la sala se realizará mediante **dos difusores de techo de 300 × 300 mm**, dotados de plenum de conexión y elemento de regulación. Estos difusores permitirán distribuir el aire climatizado de forma homogénea, con bajo nivel sonoro y adecuada integración en el techo de la sala.

El retorno de aire se realizará mediante **dos rejillas de retorno de 300 × 200 mm**, provistas de compuerta de regulación posterior o elemento equivalente, de forma que pueda ajustarse el caudal de aire durante las operaciones de equilibrado y puesta en servicio. Las rejillas serán adecuadas para instalación en techo, falso techo, paramento o ubicación equivalente, según la disposición definitiva de la sala.

La soportación de los conductos se ejecutará mediante **varillas roscadas, perfiles, abrazaderas, escuadras, soportes metálicos y elementos de anclaje** adecuados al peso, sección y recorrido de la red. Los soportes deberán garantizar la estabilidad mecánica de la instalación, evitando deformaciones, desplazamientos, vibraciones o interferencias con otros servicios existentes.

Se emplearán las piezas especiales necesarias para una correcta ejecución de la red, incluyendo derivaciones, reducciones, transformaciones, codos, embocaduras, conexiones a plenum, manguitos, tapetas, registros y accesorios de montaje. Todos los elementos deberán ser compatibles entre sí y adecuados para instalaciones de climatización y ventilación.

Los sellados se realizarán en uniones, encuentros, pasos de conductos y conexiones con elementos terminales, con materiales apropiados para garantizar la estanqueidad y la correcta terminación de la instalación. Asimismo, se realizarán los remates necesarios en falsos techos, paramentos o pasos técnicos afectados por la instalación.

Se incorporarán compuertas cortafuegos tanto en la impulsión como en la extracción para así mantener la sectorización de incendios. Estas compuertas se conectarán a la central de incendios del edificio mediante el cableado oportuno.

En conjunto, los materiales y componentes previstos permiten ejecutar una instalación robusta, ordenada, estanca, regulable y compatible con la red existente de climatización y ventilación del edificio.

3.2.9 Criterios de montaje y ejecución

La instalación se ejecutará siguiendo criterios de orden, accesibilidad, estanqueidad, seguridad y correcta integración con la red existente de climatización y ventilación del edificio. Todos los trabajos deberán realizarse de forma coordinada con el resto de las instalaciones presentes en la sala y en las zonas de paso, evitando interferencias con conducciones eléctricas, estructurales, de protección contra incendios u otros servicios existentes.

La conexión de la nueva red de impulsión y retorno a la red existente **CL11 del semisótano** se realizará mediante piezas de derivación adecuadas, garantizando una unión mecánicamente estable y estanca. Las conexiones deberán ejecutarse de forma que no se produzcan estrangulamientos, pérdidas de sección, turbulencias excesivas ni afecciones al funcionamiento de la red principal existente.

Los conductos se instalarán manteniendo la continuidad de la sección prevista, evitando cambios bruscos de dirección o reducciones innecesarias. Cuando sean necesarios codos, derivaciones, reducciones o transformaciones, se emplearán piezas adecuadas para minimizar pérdidas de carga y favorecer una circulación uniforme del aire.

Las redes de impulsión y retorno deberán quedar correctamente fijadas mediante soportes, abrazaderas, perfiles, varillas roscadas o elementos equivalentes, dimensionados en función del peso y geometría de los conductos. La separación entre soportes será la adecuada para evitar deformaciones, vibraciones, desplazamientos o esfuerzos indebidos sobre las uniones y conexiones.

Todas las uniones entre tramos de conducto, piezas especiales, plenums, difusores y rejillas deberán quedar correctamente ajustadas y selladas, con objeto de garantizar la estanqueidad de la instalación y evitar pérdidas de caudal, ruidos parásitos o entradas de aire no controladas. Se cuidará especialmente el sellado en las conexiones a la red existente y en los encuentros con elementos terminales.

Los conductos de impulsión se aislarán térmicamente en los tramos que lo requieran, especialmente cuando discurren por falsos techos, espacios no acondicionados o zonas con riesgo de condensación. El aislamiento deberá instalarse de forma continua, sin discontinuidades, protegiendo uniones, cambios de sección, derivaciones y conexiones a plenums.

Los difusores de impulsión y las rejillas de retorno se instalarán correctamente nivelados, fijados e integrados en el acabado de la sala. Su ubicación deberá favorecer una adecuada distribución del aire, evitando impulsiones directas sobre usuarios o equipos y reduciendo el riesgo de cortocircuito entre impulsión y retorno.

Los elementos de regulación, compuertas, plenums y conexiones deberán quedar accesibles para permitir las operaciones de ajuste, equilibrado, inspección y mantenimiento. No se instalarán elementos de regulación en zonas inaccesibles o sin posibilidad razonable de intervención posterior.

Durante la ejecución se respetarán las condiciones de limpieza interior de los conductos, evitando la entrada de polvo, restos de obra u otros elementos que puedan afectar al funcionamiento de la instalación. Una vez finalizados los trabajos, se comprobará visualmente el estado de la red y se retirarán residuos, protecciones provisionales y restos de montaje.

La instalación deberá quedar integrada con la sala de rayos X de forma ordenada, funcional y compatible con su uso técnico, manteniendo la accesibilidad necesaria para mantenimiento y asegurando una correcta conexión con la instalación general existente del edificio.

3.2.10 Regulación, equilibrado y puesta en servicio

Una vez finalizados los trabajos de montaje de la red de conductos de impulsión y retorno, se procederá a realizar las operaciones de regulación, equilibrado y puesta en servicio de la instalación, con el fin de comprobar su correcto funcionamiento y ajustar los caudales de aire previstos para la sala de rayos X.

En primer lugar, se realizará una inspección visual general de la instalación, verificando la correcta ejecución de las conexiones a la red existente, la continuidad de los conductos, la fijación de soportes, el estado de los aislamientos, el sellado de uniones y la correcta instalación de difusores, rejillas, plenums y compuertas.

Posteriormente, se comprobará el funcionamiento de la impulsión de aire climatizado, verificando que el aire llega correctamente a los dos difusores previstos en la sala. Cada difusor se ajustará mediante su correspondiente elemento de regulación, de forma que el reparto de aire sea equilibrado y se alcance un caudal aproximado de **216 m³/h por difusor**, resultando un caudal total de impulsión de **432 m³/h**.

Del mismo modo, se comprobará el correcto funcionamiento de la red de retorno, verificando que las dos rejillas previstas recogen el aire interior de forma adecuada y equilibrada. Se ajustará el caudal de retorno en cada punto, con un caudal aproximado de **216 m³/h por rejilla**, hasta alcanzar un caudal total de retorno de **432 m³/h**.

Durante el equilibrado se revisará que no existan ruidos anómalos, vibraciones, pérdidas de aire, obstrucciones, retornos insuficientes o diferencias apreciables de caudal entre elementos terminales. En caso necesario, se actuará sobre las compuertas, plenums o elementos de regulación instalados hasta conseguir un funcionamiento estable y compensado.

También se comprobará que la distribución del aire en la sala sea adecuada, evitando impulsiones directas molestas sobre usuarios, zonas de trabajo o equipos, así como posibles

cortocircuitos entre impulsión y retorno. La circulación del aire deberá favorecer el barrido general del recinto y contribuir a una correcta renovación del aire interior.

La puesta en servicio incluirá, al menos, las siguientes comprobaciones:

- Verificación de la correcta conexión a la red existente de climatización y ventilación.
- Comprobación de la estanqueidad visible de uniones y conexiones.
- Revisión de la fijación mecánica de conductos, soportes y elementos terminales.
- Comprobación de la impulsión de aire en los difusores.
- Comprobación de la recogida de aire en las rejillas de retorno.
- Ajuste de compuertas y elementos de regulación.
- Equilibrado de caudales de impulsión y retorno.
- Verificación de ausencia de ruidos, vibraciones o pérdidas de aire apreciables.
- Comprobación funcional general de la instalación en condiciones normales de servicio.

Finalizadas las operaciones de regulación y puesta en servicio, la instalación deberá quedar en condiciones adecuadas de funcionamiento, con los caudales equilibrados, los elementos terminales correctamente ajustados y la red integrada de forma funcional con la instalación general existente del edificio.

3.2.11 Condiciones de seguridad, uso y mantenimiento

La instalación de climatización y ventilación de la sala de rayos X deberá mantenerse en adecuadas condiciones de seguridad, funcionamiento y conservación durante toda su vida útil, garantizando la correcta circulación del aire, la accesibilidad a los elementos de regulación y la limpieza de los componentes terminales.

La red de conductos, difusores, rejillas, plenums, compuertas y soportes deberá quedar instalada de forma segura, firmemente fijada y sin interferir con el uso normal de la sala ni con otros equipos o instalaciones existentes. Los elementos suspendidos o integrados en techo deberán disponer de una correcta soportación, evitando vibraciones, desplazamientos o desprendimientos.

La instalación no deberá ser manipulada por personal no autorizado. Cualquier actuación sobre compuertas, conductos, difusores, rejillas o conexiones a la red existente deberá ser realizada por personal técnico cualificado, con el fin de evitar desajustes de caudal, pérdidas de aire, ruidos o funcionamiento incorrecto del sistema.

Los elementos terminales de aire deberán mantenerse libres de obstrucciones. No se deberán tapar, cubrir ni modificar los difusores de impulsión ni las rejillas de retorno, ya que ello podría afectar a la correcta distribución del aire, reducir la ventilación efectiva de la sala o provocar desequilibrios entre impulsión y retorno.

Las rejillas y difusores deberán limpiarse periódicamente para evitar acumulación de polvo, suciedad o partículas que puedan reducir el caudal de aire o afectar a la calidad del ambiente interior. La limpieza se realizará con medios adecuados, evitando dañar lamas, placas, deflectores, compuertas o elementos de fijación.

Se deberá comprobar periódicamente el estado general de los conductos, especialmente en uniones, derivaciones, conexiones a plenums, soportes y puntos de conexión con la red existente. En caso de detectarse pérdidas de aire, vibraciones, ruidos anómalos, condensaciones o deterioro del aislamiento, deberán adoptarse las medidas correctoras necesarias.

Las compuertas y elementos de regulación deberán conservar su posición una vez realizado el equilibrado de la instalación. Cualquier modificación posterior deberá ir acompañada de una nueva comprobación de caudales, para garantizar que se mantienen las condiciones previstas de impulsión y retorno.

Los conductos aislados deberán mantenerse en buen estado, evitando roturas, desprendimientos o discontinuidades en el aislamiento térmico. La conservación del aislamiento resulta especialmente importante para reducir pérdidas térmicas, evitar condensaciones y mantener la eficiencia de la instalación.

Deberá garantizarse en todo momento la accesibilidad a los elementos que requieran inspección, limpieza, regulación o mantenimiento. No se deberán cerrar, ocultar o bloquear registros, compuertas, plenums o elementos de unión que puedan ser necesarios para futuras intervenciones.

Como criterio general, el mantenimiento de la instalación deberá incluir:

- Inspección visual periódica de conductos, soportes y elementos terminales.
- Limpieza de difusores de impulsión y rejillas de retorno.
- Comprobación del estado de compuertas y elementos de regulación.
- Revisión de posibles ruidos, vibraciones o pérdidas de aire.
- Comprobación del estado del aislamiento térmico.
- Verificación del correcto funcionamiento general de la impulsión y el retorno.
- Conservación de la accesibilidad a los elementos registrables.

Con estas condiciones de uso y mantenimiento, la instalación podrá mantener un funcionamiento seguro, estable y adecuado para las necesidades de climatización y ventilación de la sala de rayos X.

3.2.12. Sistema de climatización mediante Mini VRV

Como complemento de la instalación de aportación y retorno de aire conectada a la red general del edificio, se instalará un sistema independiente de climatización por expansión directa, **tipo Mini VRV con bomba de calor y refrigerante R-32**, destinado a cubrir las necesidades térmicas específicas de la nueva sala de rayos X.

De este modo, la red de conductos conectada a la instalación existente permitirá garantizar la aportación de aire exterior, la renovación del ambiente interior y el retorno de aire, mientras que el sistema Mini VRV proporcionará la potencia frigorífica y calorífica necesaria para mantener las condiciones térmicas de la sala y compensar las cargas derivadas de la ocupación, la iluminación y el equipamiento técnico instalado.

La instalación estará formada por una unidad exterior Mini VRV, dos unidades interiores de cassette, las correspondientes tuberías frigoríficas, una derivación frigorífica tipo Refnet, redes de evacuación de condensados, alimentaciones eléctricas, cableado de comunicación y elementos de regulación y control.

3.2.13. Unidad exterior

Se instalará una unidad exterior Mini VRV con bomba de calor, marca Daikin, modelo **RXYS4AV1**, o equivalente, especialmente diseñada para trabajar con refrigerante R-32.

La unidad será de condensación por aire y estará preparada para alimentar las dos unidades interiores previstas. El sistema será de dos tubos y funcionará alternativamente en refrigeración o calefacción, de acuerdo con las necesidades térmicas de la sala.

La unidad exterior seleccionada dispone de alimentación eléctrica monofásica a 230 V y 50 Hz, unas dimensiones aproximadas de 1.100 × 869 × 460 mm y un peso aproximado de 102 kg. El nivel de presión sonora indicado para funcionamiento en refrigeración es de aproximadamente 49 dBA. Según el informe de selección, para las condiciones de cálculo consideradas proporciona una capacidad disponible aproximada de 10,7 kW en refrigeración y 8,1 kW en calefacción.

La unidad se colocará en la zona exterior de la planta semisótano, en la posición reflejada en los planos, aproximadamente al mismo nivel que las unidades interiores. Se instalará sobre una base estable y nivelada, mediante soportes o bancada adecuados, incorporando elementos antivibratorios y respetando los espacios libres necesarios para la aspiración y descarga de aire, la inspección y el mantenimiento.

Su ubicación deberá evitar la recirculación del aire de descarga, la transmisión de vibraciones a la estructura y cualquier interferencia con recorridos de evacuación, pasos de mantenimiento u otras instalaciones existentes.

3.2.14. Unidades interiores

En el interior de la sala de rayos X se instalarán dos unidades interiores de cassette de cuatro vías, completamente integradas en el falso techo, marca Daikin, modelo **FXZA50A**, o equivalente, aptas para funcionamiento con refrigerante R-32.

Cada unidad interior tendrá unas dimensiones aproximadas de 575 × 260 × 575 mm y dispondrá de un panel decorativo integrado de aproximadamente 620 × 620 mm, compatible con la modulación habitual de falso techo de 600 × 600 mm.

Las unidades se distribuirán en el techo de la sala de manera que se consiga una aportación homogénea del aire climatizado, evitando descargas directas sobre los usuarios, la zona de exploración y los equipos técnicos. La descarga en cuatro direcciones permitirá mejorar la mezcla del aire interior y reducir la aparición de zonas con temperaturas desiguales.

Cada cassette dispone, según el informe de selección, de una capacidad máxima aproximada de 5,4 kW en refrigeración y 6,3 kW en calefacción, un caudal de aire de hasta 840 m³/h y un nivel de presión sonora comprendido aproximadamente entre 33 y 43 dBA, dependiendo de la velocidad de funcionamiento seleccionada. Las unidades interiores serán monofásicas, con alimentación a 220-240 V.

Las unidades incorporarán bomba de evacuación de condensados. Los desagües se conducirán hasta el punto de evacuación previsto, garantizando la correcta pendiente en los tramos por gravedad, la estanqueidad de las uniones y el aislamiento de aquellos tramos en los que pueda producirse condensación superficial.

Las unidades deberán quedar correctamente soportadas mediante elementos independientes de la estructura del falso techo. Se garantizará la existencia de registros practicables para acceder a filtros, bandejas de condensados, bombas de drenaje, conexiones frigoríficas, componentes eléctricos y demás elementos que requieran inspección o mantenimiento.

3.2.15. Circuito frigorífico

La unidad exterior y las unidades interiores se conectarán mediante un circuito frigorífico de cobre deshidratado, desoxidado y apto para refrigerantes de alta presión, compatible con refrigerante R-32.

La instalación dispondrá de una tubería principal de líquido y gas desde la unidad exterior hasta una derivación frigorífica tipo Refnet, modelo **KHRQ22M20TA**, o equivalente. Desde esta derivación partirán los ramales independientes destinados a cada una de las dos unidades interiores.

De acuerdo con los planos y el informe de selección, la tubería principal se proyecta con diámetros de **3/8" para líquido y 5/8" para gas**, mientras que los ramales hacia las unidades interiores se ejecutarán con diámetros **de 1/4" para líquido y 1/2" para gas**.

Las tuberías discurrirán por los recorridos indicados en planos, preferentemente por falsos techos, patinillos y zonas técnicas, quedando adecuadamente fijadas y protegidas frente a golpes, vibraciones y posibles daños mecánicos.

Ambas tuberías se aislarán térmicamente de manera independiente mediante aislamiento de célula cerrada, de espesor adecuado a las condiciones de servicio, evitando puentes térmicos, condensaciones y pérdidas energéticas. El aislamiento será continuo en codos, derivaciones, pasos de elementos constructivos y conexiones con las unidades.

Las uniones se ejecutarán mediante soldadura fuerte con barrido interior de nitrógeno, evitando la formación de óxidos en el interior de las tuberías. Una vez finalizado el montaje se realizarán las correspondientes pruebas de resistencia, estanqueidad y detección de fugas, seguidas del vacío del circuito y de la puesta en servicio conforme a las instrucciones del fabricante.

3.2.16. Refrigerante y condiciones de seguridad

El sistema utilizará refrigerante **R-32**, por lo que su montaje, comprobación, carga y puesta en servicio deberán ser realizados por personal habilitado y con herramientas adecuadas para este refrigerante.

Se deberán adoptar las medidas necesarias para evitar fuentes de ignición durante las operaciones de montaje y mantenimiento, garantizar una ventilación adecuada de las zonas de trabajo y comprobar la ausencia de fugas antes de la puesta en funcionamiento.

El informe de selección establece para cada unidad interior una superficie mínima permitida de 7,91 m², calculada conforme a la IEC 60335-2-40:2018 y la EN 378-1:2016. Antes de la ejecución deberá verificarse que las condiciones reales de la sala, la carga definitiva de refrigerante y la configuración instalada mantienen el cumplimiento de las condiciones de seguridad exigibles.

3.2.17. Regulación y control

Cada unidad interior dispondrá de un mando cableado individual, instalado en una posición accesible dentro de la sala o en la ubicación definida por la propiedad.

Los controles permitirán, al menos, la puesta en marcha y parada, la selección del modo de funcionamiento, la regulación de la temperatura de consigna, el ajuste de la velocidad del ventilador, la orientación de la descarga de aire y la consulta de posibles avisos o anomalías.

El sistema dispondrá del cableado de comunicación necesario entre la unidad exterior, las unidades interiores y sus controles. El cableado de transmisión se ejecutará separado de las líneas de potencia, respetando las secciones, características y distancias establecidas por el fabricante. El informe de selección indica cableado de transmisión F1-F2 de dos conductores, con sección comprendida entre 0,75 y 1,25 mm², y cableado de control P1-P2 de 2 × 1 mm².

Al tratarse de un sistema de bomba de calor de dos tubos, las unidades interiores conectadas a la misma unidad exterior trabajarán en un modo común de refrigeración o calefacción.

3.2.18. Montaje y puesta en servicio

La ejecución de la instalación Mini VRV incluirá la colocación y nivelación de los equipos, la instalación del circuito frigorífico, la evacuación de condensados, las conexiones eléctricas y de comunicación, la colocación de mandos y todos los elementos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento.

Antes de la puesta en servicio se comprobarán, como mínimo:

- La correcta soportación, nivelación y accesibilidad de las unidades.
- La estanqueidad del circuito frigorífico.
- La correcta ejecución del vacío.
- El estado y continuidad del aislamiento de las tuberías.
- El funcionamiento de las bombas y redes de condensados.
- Las alimentaciones eléctricas y protecciones.
- El cableado de comunicación y control.
- El funcionamiento de cada unidad interior en refrigeración y calefacción.
- La ausencia de vibraciones, ruidos anómalos o recirculaciones de aire.
- La correcta regulación de temperaturas, velocidades y direcciones de descarga.
- El cumplimiento de las condiciones de seguridad correspondientes al refrigerante R-32.

La puesta en marcha será realizada por personal técnico cualificado, dejando el sistema configurado, probado y preparado para su funcionamiento normal.

3.2.18. Instalaciones de refrigeración de los equipos de laboratorio. Enfriadoras asociadas a los equipos técnicos.

Además del sistema de climatización y ventilación de la sala, determinados equipos técnicos disponen de sistemas de refrigeración propios mediante enfriadoras. Como consecuencia de la modificación reflejada en los planos de la instalación, estas enfriadoras se ubicarán en el exterior del edificio, sobre solera, quedando fuera del recinto de la sala de rayos X.

La unidad exterior asociada al Difractómetro PANALYTICAL EMPYREAN se instalará en el exterior del edificio sobre una base estable y nivelada. Su conexión con el equipo se realizará mediante un circuito de agua de dos tubos de 1", correspondiente al conjunto PANALYTICAL EMPYREAN - Chilly 35 AC.

Del mismo modo, las unidades exteriores asociadas al Tomógrafo Easytom L se instalarán en el exterior del edificio, sobre solera, conectándose al equipo mediante un circuito de agua de dos tubos de 1", correspondiente al sistema Easytom L - SMC Chillers HRS 012-AF-20.

Los circuitos hidráulicos discurrirán por los recorridos indicados en planos desde la sala hasta las enfriadoras exteriores. Las tuberías quedarán correctamente soportadas y protegidas, dispondrán del aislamiento térmico adecuado para evitar pérdidas energéticas y condensaciones y se ejecutarán con los accesorios necesarios para permitir su llenado, purgado, vaciado, mantenimiento y correcto funcionamiento.

La ubicación exterior de las enfriadoras se ejecutará garantizando la estabilidad de los equipos, la evacuación adecuada del agua, la accesibilidad para inspección y mantenimiento y los espacios libres necesarios para su funcionamiento. Se evitarán interferencias con recorridos de paso, otras instalaciones o elementos constructivos y se adoptarán las medidas de protección necesarias frente a las condiciones ambientales exteriores.

Una vez finalizada la instalación se comprobará la estanqueidad de los circuitos hidráulicos, la correcta ejecución de las conexiones, el llenado y purgado de las redes, la ausencia de fugas y el funcionamiento de las enfriadoras en las condiciones previstas para cada equipo técnico

3.2.18.7. Condiciones de seguridad, uso y mantenimiento

La instalación de climatización y ventilación de la sala de rayos X deberá mantenerse en adecuadas condiciones de seguridad, funcionamiento y conservación durante toda su vida útil, garantizando la correcta circulación del aire, la accesibilidad a los elementos de regulación y la limpieza de los componentes terminales.

La red de conductos, difusores, rejillas, plenums, compuertas y soportes deberá quedar instalada de forma segura, firmemente fijada y sin interferir con el uso normal de la sala ni con otros equipos o instalaciones existentes. Los elementos suspendidos o integrados en techo deberán disponer de una correcta soportación, evitando vibraciones, desplazamientos o desprendimientos.

Las enfriadoras de los equipos técnicos instaladas en el exterior y sus circuitos hidráulicos deberán mantenerse accesibles y en adecuadas condiciones de conservación. Se comprobarán periódicamente la estabilidad de los equipos sobre su apoyo, el estado de las tuberías y del aislamiento, la ausencia de fugas, la correcta evacuación de agua y el libre funcionamiento de las zonas de aspiración y descarga propias de cada unidad

La instalación no deberá ser manipulada por personal no autorizado. Cualquier actuación sobre compuertas, conductos, difusores, rejillas o conexiones a la red existente deberá ser realizada por personal técnico cualificado, con el fin de evitar desajustes de caudal, pérdidas de aire, ruidos o funcionamiento incorrecto del sistema.

Los elementos terminales de aire deberán mantenerse libres de obstrucciones. No se deberán tapar, cubrir ni modificar los difusores de impulsión ni las rejillas de retorno, ya que ello podría afectar a la correcta distribución del aire, reducir la ventilación efectiva de la sala o provocar desequilibrios entre impulsión y retorno.

Las rejillas y difusores deberán limpiarse periódicamente para evitar acumulación de polvo, suciedad o partículas que puedan reducir el caudal de aire o afectar a la calidad del ambiente interior. La limpieza se realizará con medios adecuados, evitando dañar lamas, placas, deflectores, compuertas o elementos de fijación.

Se deberá comprobar periódicamente el estado general de los conductos, especialmente en uniones, derivaciones, conexiones a plenums, soportes y puntos de conexión con la red existente. En caso de detectarse pérdidas de aire, vibraciones, ruidos anómalos, condensaciones o deterioro del aislamiento, deberán adoptarse las medidas correctoras necesarias.

Las compuertas y elementos de regulación deberán conservar su posición una vez realizado el equilibrado de la instalación. Cualquier modificación posterior deberá ir acompañada de una nueva comprobación de caudales, para garantizar que se mantienen las condiciones previstas de impulsión y retorno.

Los conductos aislados deberán mantenerse en buen estado, evitando roturas, desprendimientos o discontinuidades en el aislamiento térmico. La conservación del aislamiento resulta especialmente importante para reducir pérdidas térmicas, evitar condensaciones y mantener la eficiencia de la instalación.

Deberá garantizarse en todo momento la accesibilidad a los elementos que requieran inspección, limpieza, regulación o mantenimiento. No se deberán cerrar, ocultar o bloquear registros, compuertas, plenums o elementos de unión que puedan ser necesarios para futuras intervenciones.

Como criterio general, el mantenimiento de la instalación deberá incluir:

- Inspección visual periódica de conductos, soportes y elementos terminales.
- Limpieza de difusores de impulsión y rejillas de retorno.
- Comprobación del estado de compuertas y elementos de regulación.
- Revisión de posibles ruidos, vibraciones o pérdidas de aire.
- Comprobación del estado del aislamiento térmico.
- Verificación del correcto funcionamiento general de la impulsión y el retorno.
- Conservación de la accesibilidad a los elementos registrables..

Con estas condiciones de uso y mantenimiento, las instalaciones podrán mantener un funcionamiento seguro, estable y adecuado tanto para las necesidades de climatización y ventilación de la sala de rayos X como para la refrigeración de los equipos científicos.

3.2.18.8. Conclusión.

La instalación prevista permite dotar a la nueva sala de rayos X de un sistema adecuado de climatización y ventilación, integrado en la red general existente del edificio y conectado a la red CL11 del semisótano.

La solución adoptada contempla la ejecución de una nueva red de conductos de impulsión y retorno, dimensionada para aportar y recoger el caudal de aire necesario en la sala. La impulsión se realizará mediante dos difusores de techo, mientras que el retorno se efectuará mediante dos rejillas, favoreciendo una distribución equilibrada del aire y una adecuada renovación del ambiente interior.

Los conductos, elementos terminales, compuertas de regulación, soportes, aislamientos, sellados y accesorios de montaje previstos permiten ejecutar una instalación ordenada, funcional y compatible con las condiciones de uso de la sala. Asimismo, la disposición de los elementos facilita las labores de regulación, inspección, limpieza y mantenimiento posteriores.

La solución adoptada combina la conexión a la instalación general de ventilación del edificio con un sistema independiente Mini VRV destinado al acondicionamiento térmico de la sala. Esta configuración permite aprovechar la infraestructura existente para garantizar la renovación de aire y, al mismo tiempo, disponer de una regulación térmica específica adaptada a las cargas generadas por la sala de rayos X y por su equipamiento técnico. Adicionalmente, los equipos PANALYTICAL EMPYREAN y Easytom L dispondrán de sus correspondientes sistemas de refrigeración mediante enfriadoras, ubicadas en el exterior del edificio y conectadas mediante circuitos hidráulicos de dos tubos de 1".

En consecuencia, la actuación descrita proporciona una instalación adecuada para las necesidades de climatización, ventilación y refrigeración auxiliar de los equipos técnicos de la nueva sala de rayos X, garantizando una aportación y retorno de aire equilibrados, una correcta integración con la red existente y una disposición exterior accesible y mantenible de las enfriadoras asociadas al equipamiento.

3.3 INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD

3.3.1 Objeto de la memoria

La presente memoria tiene por objeto describir la actuación correspondiente a la instalación eléctrica de baja tensión asociada a la nueva sala de rayos X, destinada a albergar equipos técnicos de laboratorio previstos en dicha dependencia, incluyendo los equipos de difracción y tomografía y sus servicios auxiliares.

La intervención comprende la ejecución de la alimentación eléctrica necesaria para la sala, el suministro, montaje y conexionado de un subcuadro eléctrico de baja tensión propio, así como la distribución de los circuitos interiores destinados a la alimentación de los equipos específicos de rayos X, tomas de corriente, puestos de trabajo, alumbrado, climatización de la sala y equipos auxiliares de refrigeración asociados al tomógrafo EASYTOM L.

La instalación se proyecta con el fin de dotar a la nueva sala de una infraestructura eléctrica adecuada, segura, ordenada y compatible con las necesidades de los equipos a instalar, garantizando la correcta protección de las líneas, la sectorización de los circuitos, la continuidad de servicio de los receptores conectados al sistema SAI y la adecuada conexión al sistema de puesta a tierra del edificio.

Asimismo, la actuación incluye la ejecución de las canalizaciones eléctricas, el tendido de conductores, la instalación de protecciones magnetotérmicas y diferenciales, la alimentación de la climatización, la conexión del tomógrafo EASYTOM L y de sus dos enfriadoras, la conexión del resto de receptores previstos y la realización de las comprobaciones necesarias para la puesta en servicio de la instalación.

3.3.2 Alcance de los trabajos

El alcance de los trabajos comprende la ejecución completa de la instalación eléctrica de baja tensión necesaria para la puesta en servicio de la nueva sala de rayos X, incluyendo tanto las alimentaciones principales al subcuadro, como la distribución interior de los circuitos destinados a los distintos receptores previstos.

La actuación incluye la instalación de un nuevo subcuadro eléctrico de baja tensión para servicio de la sala, desde el cual se realizará la protección, maniobra y distribución de los circuitos eléctricos interiores. Dicho subcuadro dispondrá de los elementos de corte y protección necesarios para cada línea, permitiendo una explotación segura, ordenada y fácilmente mantenible de la instalación.

Se ejecutarán las líneas de alimentación necesarias desde los cuadros eléctricos existentes del edificio hasta el nuevo subcuadro de la sala. De acuerdo con la solución proyectada, se dispondrá una alimentación para servicios generales procedente del cuadro general asociado al grupo electrógeno y una alimentación independiente procedente del sistema SAI. Estas

líneas se dimensionarán de acuerdo con la potencia prevista, la intensidad admisible de los conductores, la caída de tensión y las condiciones de instalación.

Desde el subcuadro se realizará la distribución interior de la sala mediante circuitos independientes para los distintos usos. Se contemplan circuitos específicos para el difractómetro PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el tomógrafo EASYTOM L, las dos enfriadoras necesarias para su funcionamiento, la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical y el tomógrafo ZEISS, así como circuitos para tomas de corriente de uso general, tomas respaldadas por SAI, puestos de trabajo, alumbrado y climatización de la sala.

La instalación comprenderá igualmente el suministro y montaje de las canalizaciones eléctricas necesarias, incluyendo bandejas, canales, tubos, cajas de derivación y elementos auxiliares de fijación y protección mecánica. Las canalizaciones se ejecutarán de forma ordenada, accesible y compatible con la configuración constructiva de la sala, respetando los recorridos previstos y facilitando las labores posteriores de inspección y mantenimiento.

El cableado se realizará mediante conductores adecuados para instalaciones interiores de baja tensión, con aislamiento y sección conforme a las necesidades de cada circuito. Se emplearán cables no propagadores del incendio, de baja emisión de humos y opacidad reducida, y, cuando proceda por las características de los equipos a alimentar, conductores apantallados para mejorar la compatibilidad electromagnética y reducir posibles interferencias.

También queda incluido dentro del alcance el montaje de las protecciones eléctricas necesarias frente a sobrecargas, cortocircuitos, contactos indirectos y defectos de aislamiento. Para ello se instalarán interruptores automáticos magnetotérmicos, interruptores diferenciales y demás elementos de protección y seccionamiento necesarios, seleccionados en función de la naturaleza de cada circuito y de los receptores alimentados.

Todos los circuitos dispondrán de conductor de protección y quedarán conectados al sistema general de puesta a tierra del edificio. Asimismo, se garantizará la continuidad de la puesta a tierra en las masas metálicas, envolventes, canalizaciones que lo requieran y equipos conectados a la instalación.

Finalmente, la actuación incluye las comprobaciones previas a la puesta en servicio de la instalación, consistentes en la verificación del correcto conexionado, continuidad de los conductores de protección, aislamiento de las líneas, funcionamiento de las protecciones diferenciales, comprobación de tensiones, identificación de circuitos y prueba funcional de los servicios instalados.

En conjunto, los trabajos previstos permitirán disponer de una instalación eléctrica adecuada para el uso técnico de la sala, con circuitos diferenciados, protecciones independientes, materiales apropiados y condiciones de seguridad acordes con una instalación de baja tensión destinada a equipos de laboratorio y rayos X, climatización y servicios auxiliares.

3.3.3 Descripción general de la instalación

La instalación eléctrica prevista para la nueva sala de rayos X se configura mediante la implantación de un subcuadro eléctrico de baja tensión propio, destinado a centralizar la protección, maniobra y distribución de los circuitos eléctricos necesarios para el funcionamiento de la sala.

El subcuadro se alimentará desde las instalaciones eléctricas existentes del edificio mediante dos líneas diferenciadas: una procedente del cuadro general asociado al grupo electrógeno, destinada a los servicios generales de la sala, y otra procedente del sistema SAI, destinada a los equipos técnicos y puntos de consumo que requieren alimentación respaldada. Esta configuración permite sectorizar adecuadamente los distintos usos eléctricos, facilitar el mantenimiento de la instalación y limitar la afección de posibles incidencias a cada circuito independiente.

Desde el subcuadro partirán los circuitos interiores destinados a los diferentes servicios de la sala, diferenciándose principalmente los siguientes grupos:

- Circuitos de fuerza para tomas de corriente de uso general.
- Circuitos para puestos de trabajo y servicios auxiliares.
- Circuitos de alumbrado.
- Circuitos específicos para alimentación de equipos de rayos X y equipos técnicos asociados.
- Circuitos alimentados desde sistema SAI, cuando sea necesario garantizar continuidad o estabilidad de suministro.

De acuerdo con los cálculos actualizados, la potencia total instalada asciende a 61.000 W, distribuida en 18.170 W correspondientes al subcuadro de servicios generales y 42.830 W correspondientes a la alimentación SAI. Dentro de los servicios generales se incluye una potencia de 2.780 W para la climatización de la sala. La alimentación SAI comprende, además de las tomas respaldadas, los circuitos del difractómetro PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el tomógrafo EASYTOM L, sus dos enfriadoras la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical, y el tomógrafo ZEISS.

La distribución interior se realizará mediante canalizaciones eléctricas adaptadas a la configuración constructiva de la sala, combinando recorridos principales por bandeja o canal, y derivaciones mediante tubo o canalización específica hasta los puntos de consumo. Las líneas se dispondrán de forma ordenada, accesible y debidamente identificada, procurando minimizar cruces innecesarios y facilitando las labores de inspección, mantenimiento y futuras intervenciones.

Los circuitos de tomas de corriente y puestos de trabajo se ejecutarán de forma independiente respecto a los circuitos de alumbrado y respecto a las líneas de alimentación de los equipos

específicos. Esta separación permite mejorar la selectividad funcional de la instalación, simplificar la identificación de averías y evitar que una incidencia en un servicio afecte al resto de la sala.

El alumbrado de la sala se alimentará desde dos circuitos propios protegidos en el subcuadro, con una potencia instalada total de 390 W. Se prevén luminarias LED tipo panel Disano PanelTech HE A2, UGR<19, 4000 K, CRI 80, 26 W, o equivalente, distribuidas de forma homogénea para garantizar una iluminación uniforme y adecuada al uso técnico y de laboratorio.

Todos los circuitos contarán con conductor de protección y estarán conectados al sistema general de puesta a tierra del edificio. Las masas metálicas de los equipos, envoltorios, canalizaciones que lo requieran y demás elementos conductores accesibles quedarán debidamente conectados a tierra, garantizando la protección frente a contactos indirectos.

La instalación se completará con los dispositivos de protección magnetotérmica y diferencial necesarios para cada circuito, seleccionados en función de la intensidad prevista, la sección de los conductores, el tipo de receptor alimentado y las condiciones de uso de la sala. Esta configuración permitirá disponer de una instalación eléctrica segura, flexible y adecuada para el funcionamiento de los equipos trasladados, así como para los servicios generales asociados a la nueva sala de rayos X.

3.3.4 Alimentación eléctrica del subcuadro

La nueva sala de rayos X dispondrá de alimentación eléctrica propia mediante dos líneas independientes procedentes de los cuadros eléctricos existentes del edificio. Una de ellas procederá del cuadro general asociado al grupo electrógeno y alimentará los servicios generales de la sala; la segunda procederá del sistema SAI y alimentará los servicios respaldados. Ambas líneas llegarán al subcuadro de baja tensión de la sala, desde el cual se realizará la distribución interior hacia los distintos receptores.

La instalación se configura para una tensión de servicio de **400/230 V en corriente alterna trifásica**, con distribución de fases, neutro y conductor de protección. La alimentación se realizará mediante conductores de cobre, con aislamiento adecuado para baja tensión y características de seguridad frente al fuego, empleando cables no propagadores del incendio, de baja emisión de humos y opacidad reducida.

El subcuadro contará con dos alimentaciones diferenciadas:

3.3.5 Alimentación de servicios generales

La alimentación de los servicios generales de la sala se destinará a los circuitos convencionales de tomas de corriente, puestos de trabajo, alumbrado y a la alimentación de la instalación de climatización de la sala.

Esta línea partirá del cuadro general asociado al grupo electrógeno existente en el edificio y se ejecutará mediante canalización principal registrable hasta la sala de rayos X, siguiendo el trazado definido en planos.

Para esta alimentación se empleará una línea trifásica con neutro y conductor de protección, formada por conductores de cobre RZ1-K(AS) 0,6/1 kV, clase de reacción al fuego Cca-s1b,d1,a1, con sección $4 \times 10 + TT 10 \text{ mm}^2$. La longitud de cálculo es de 90 m y la línea quedará protegida mediante interruptor automático tetrapolar de 40 A tanto en origen como en destino.

Esta alimentación dará servicio a los tres circuitos de tomas de corriente de uso general, los dos circuitos de alumbrado y el nuevo circuito de climatización de la sala, manteniéndose separada de los circuitos destinados a equipos técnicos alimentados desde SAI.

3.3.5.1 Alimentación desde sistema SAI

De forma independiente a la alimentación de servicios generales, se dispondrá una alimentación procedente del sistema SAI existente del edificio, destinada a aquellos receptores que requieran continuidad de servicio, mayor estabilidad de suministro o alimentación específica por las características propias de los equipos instalados.

La línea SAI se ejecutará mediante conductores de cobre tipo RZ1-K(AS) 0,6/1 kV, clase de reacción al fuego Cca-s1b,d1,a1, con sección $4 \times 25 + TT 16 \text{ mm}^2$ y longitud de cálculo de 90 m. La línea se protegerá mediante interruptor automático tetrapolar de 63 A en origen y en destino.

Desde esta parte del subcuadro se alimentarán las tomas de corriente respaldadas y los circuitos específicos del difractómetro PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el tomógrafo EASYTOM L, las dos enfriadoras asociadas a dicho , la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical y el tomógrafo ZEISS.

3.3.5.2 Separación entre servicios normales y servicios respaldados

La instalación se ejecutará manteniendo una separación clara entre los servicios alimentados desde el cuadro general asociado al grupo electrógeno y los servicios alimentados desde SAI. Esta separación se realizará tanto a nivel de protecciones como de circuitos finales, evitando la mezcla de alimentaciones, neutros o derivaciones entre ambos sistemas.

Cada grupo de servicios dispondrá de sus protecciones propias en el subcuadro, con circuitos debidamente identificados y rotulados. Esta configuración permite mejorar la seguridad de explotación, facilitar las labores de mantenimiento y garantizar que únicamente los receptores previstos queden conectados al sistema SAI.

Los circuitos respaldados se reservarán para los equipos técnicos y tomas expresamente definidos en el esquema unifilar. Los circuitos de alumbrado, tomas generales y climatización

de la sala se alimentarán desde el subcuadro de servicios generales procedente del cuadro asociado al grupo electrógeno.

3.3.5.3 Criterios generales de dimensionado

Las líneas de alimentación se dimensionarán atendiendo a la potencia prevista de los receptores, la intensidad máxima admisible de los conductores, la caída de tensión admisible, las condiciones de instalación, la longitud de los recorridos y la adecuada coordinación con los dispositivos de protección.

Las canalizaciones se seleccionarán de forma que permitan el tendido ordenado de los conductores, con capacidad suficiente, accesibilidad para mantenimiento y protección mecánica adecuada. En los recorridos principales se emplearán bandejas o canales registrables, mientras que las derivaciones interiores hasta los puntos de consumo se ejecutarán mediante tubo o canalización específica, según la ubicación y características de cada receptor.

Todas las líneas incorporarán conductor de protección y quedarán conectadas al sistema general de puesta a tierra del edificio, garantizando la continuidad eléctrica de las masas y la protección frente a contactos indirectos.

Con esta configuración, el subcuadro de la sala dispondrá de una alimentación segura y diferenciada para atender los 18.170 W correspondientes a servicios generales y los 42.830 W correspondientes a servicios alimentados desde SAI, manteniendo la independencia funcional entre ambos grupos.

3.3.6. Subcuadro eléctrico de baja tensión

La nueva sala de rayos X dispondrá de un subcuadro eléctrico de baja tensión propio, destinado a centralizar la alimentación, protección, maniobra y distribución de todos los circuitos eléctricos asociados a la sala. Este subcuadro permitirá independizar eléctricamente la nueva dependencia respecto del resto de la instalación del edificio, facilitando la explotación, el mantenimiento y la localización de posibles incidencias.

El subcuadro se ubicará en una zona accesible de la sala, de forma que permita una maniobra rápida y segura por parte del personal autorizado, sin interferir con el uso normal de los equipos ni con las zonas de trabajo. Su instalación se realizará respetando los espacios libres necesarios para apertura de puertas, actuación sobre protecciones, inspección visual, mantenimiento y futuras ampliaciones.

El cuadro será empotrado, con envolvente adecuada para instalación interior, grado de protección acorde al entorno, puerta frontal, carriles DIN, embarrados, bornes de conexión, repartidores, peines de distribución y elementos auxiliares necesarios para una ejecución ordenada. La envolvente dispondrá de capacidad suficiente para alojar las protecciones previstas, el cableado interno y una reserva de espacio libre destinada a futuras ampliaciones o modificaciones de la instalación.

El subcuadro se organizará diferenciando claramente los servicios alimentados desde red normal o grupo electrógeno y los servicios alimentados desde el sistema SAI. Esta separación se realizará tanto en la disposición física de los elementos como en la identificación de circuitos, evitando la mezcla de alimentaciones, neutros o protecciones entre ambos sistemas. Cada grupo de circuitos dispondrá de sus elementos de corte, protección y distribución independientes.

En cabecera del subcuadro se instalarán los dispositivos generales de corte y protección correspondientes a las alimentaciones recibidas. Estos interruptores permitirán el seccionamiento de la instalación de la sala y la protección de las líneas frente a sobrecargas y cortocircuitos. Los calibres de estos dispositivos se seleccionarán en función de la potencia prevista, la intensidad admisible de los conductores de alimentación y la coordinación con las protecciones existentes aguas arriba.

Desde los interruptores generales se realizará la distribución interior mediante barras, repartidores o peines adecuados, dimensionados para la intensidad máxima prevista. La distribución se ejecutará de forma ordenada, manteniendo la separación entre conductores activos, neutros y conductores de protección. Se dispondrán bornes de entrada y salida debidamente dimensionados para facilitar el conexionado de las líneas y permitir futuras labores de mantenimiento sin afectar al resto de circuitos.

Cada circuito final dispondrá de su correspondiente protección magnetotérmica, seleccionada de acuerdo con la sección de los conductores, la potencia del receptor y las condiciones de instalación. Se instalarán protecciones independientes para las tomas de corriente, puestos de trabajo, alumbrado, climatización, difractómetros, tomógrafos y las dos enfriadoras asociadas al EASYTOM L y la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical, evitando agrupaciones que puedan comprometer la continuidad de servicio o dificultar la identificación de averías.

Asimismo, se instalarán interruptores diferenciales para la protección frente a contactos indirectos y defectos de aislamiento. Los diferenciales serán adecuados al tipo de receptor alimentado, empleándose protecciones de sensibilidad apropiada para circuitos terminales y, en particular, diferenciales de clase A superinmunizados en aquellos circuitos asociados a equipos electrónicos, sistemas alimentados desde SAI o receptores con componentes de electrónica de potencia. En los circuitos de equipos técnicos sensibles podrá preverse el empleo de diferenciales de alta inmunidad cuando resulte conveniente para evitar disparos intempestivos.

La composición general del subcuadro contemplará, como mínimo, los siguientes elementos:

- Interruptores generales de corte y protección para las alimentaciones de entrada.
- Protecciones magnetotérmicas independientes para cada circuito final.
- Protecciones diferenciales agrupadas o individualizadas según el tipo de servicio.
- Repartidores o embarrados de fases, neutros y protección.

- Bornes de entrada y salida para alimentación y circuitos finales.
- Carriles DIN, canaletas interiores y elementos de cableado ordenado.
- Sistema de puesta a tierra del cuadro y conexión al conductor de protección.
- Rotulación e identificación de todos los circuitos.
- Reserva de espacio libre para mantenimiento y posibles ampliaciones.

Los circuitos correspondientes a equipos específicos se identificarán de forma individualizada, incluyendo el difractómetro PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el tomógrafo EASYTOM L, sus dos enfriadoras, la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical y el tomógrafo ZEISS. Del mismo modo, los circuitos de climatización, tomas de corriente de uso general, tomas SAI, puestos de trabajo y alumbrado se dispondrán de forma diferenciada, garantizando una explotación clara y segura

Todos los elementos del subcuadro quedarán correctamente rotulados, tanto en el frontal como en el interior, indicando la denominación de cada circuito, el origen de la alimentación y el servicio al que corresponde. Esta identificación permitirá al personal de mantenimiento reconocer de forma inmediata la función de cada protección y actuar sobre ella con seguridad.

La ejecución del subcuadro se realizará conforme a criterios de orden, accesibilidad y seguridad, cuidando el guiado del cableado interior, el apriete de conexiones, la separación entre circuitos, la continuidad del conductor de protección y la correcta correspondencia entre protecciones y líneas alimentadas. El conjunto quedará preparado para su puesta en servicio tras las verificaciones eléctricas correspondientes.

3.3.7 Circuitos eléctricos interiores

Desde el subcuadro eléctrico de baja tensión de la sala partirán los distintos circuitos interiores necesarios para alimentar los receptores previstos. La distribución se realizará de forma sectorizada, diferenciando los circuitos de tomas de corriente, puestos de trabajo, alumbrado, climatización de la sala, alimentación específica de equipos de rayos X, equipos auxiliares de refrigeración y circuitos respaldados mediante SAI.

Todos los circuitos se ejecutarán con conductores de cobre, con aislamiento adecuado a la tensión de servicio y a las condiciones de instalación. En los circuitos de uso general y alumbrado se emplearán conductores H07Z1-K(AS). La línea de climatización se ejecutará con conductor RZ1-K(AS) 0,6/1 kV. En las líneas destinadas a los equipos técnicos alimentados desde SAI se emplearán conductores RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV apantallados, conforme a los cálculos y planos, con objeto de mejorar la compatibilidad electromagnética y reducir posibles perturbaciones.

La instalación interior se organizará mediante canalizaciones por tubo, canal o bandeja, según el trazado y la ubicación de cada receptor, manteniendo una distribución ordenada, accesible y debidamente identificada.

3.3.7.1 Circuitos de tomas de corriente y puestos de trabajo

La sala dispondrá de circuitos independientes destinados a la alimentación de tomas de corriente de uso general y puestos de trabajo. Estos circuitos permitirán dar servicio a pequeños equipos auxiliares, ordenadores, periféricos, instrumental de apoyo y otros receptores propios del uso técnico de la sala.

Se prevé la ejecución de diez circuitos monofásicos independientes para los veinte puestos de trabajo, tanto para las tomas de corriente de uso general como para las tomas respaldadas por SAI. Cada circuito alimentará dos puestos de trabajo y tendrá una potencia de cálculo de 1.500 W, repartiéndose las líneas entre las fases con objeto de equilibrar las cargas del subcuadro.

Los circuitos de tomas de corriente se ejecutarán, con carácter general, mediante conductores de cobre tipo H07Z1-K(AS) 450/750 V, con formación fase, neutro y conductor de protección, instalados bajo tubo o canalización adecuada. Las líneas dispondrán de protección magnetotérmica independiente y protección diferencial de alta sensibilidad, adecuada para la protección de las personas frente a contactos indirectos.

La configuración prevista contempla circuitos diferenciados para los siguientes grupos de tomas:

	USO PREVISTO	CONDUCTORES	PROTECCIÓN PREVISTA
P.T. 1 Y 2	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 3 Y 4	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 5 Y 6	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 7 Y 8	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 9 Y 10	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A

P.T. 11 Y 12	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A	La
P.T. 13 Y 14	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A	
P.T. 15 Y 16	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A	
P.T. 17 Y 18	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A	
P.T. 19 Y 20	Tomas de corriente de uso general	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A	

Las tomas de corriente se instalarán en las posiciones necesarias para facilitar el uso de los puestos de trabajo y los servicios auxiliares de la sala. Se evitará la concentración excesiva de receptores en un mismo circuito y se garantizará la correcta identificación de las tomas, especialmente en aquellos casos en que existan tomas alimentadas desde red convencional y tomas alimentadas desde SAI.

3.3.7.2 Circuitos de alumbrado

El alumbrado de la sala se alimentará desde circuitos propios protegidos en el subcuadro. La instalación de iluminación tendrá por objeto dotar a la sala de unas condiciones adecuadas de visibilidad para el trabajo técnico, la operación de los equipos, las labores de mantenimiento y el tránsito seguro del personal.

Se prevé la instalación de 15 luminarias LED tipo panel Disano PanelTech HE A2, UGR<19, DIP SWITCH, 4000 K, CRI 80, 26 W, acabado blanco, o equivalente. La potencia total instalada de alumbrado es de 390 W, repartida entre los circuitos AL. 1, con 182 W, y AL. 2, con 208 W.

Los circuitos de alumbrado se ejecutarán mediante conductores de cobre tipo H07Z1-K(AS) 450/750 V, incorporando conductor de protección y canalización mediante tubo o sistema equivalente. Cada circuito dispondrá de protección magnetotérmica bipolar de 10 A y el conjunto quedará protegido mediante diferencial tetrapolar de 40 A, sensibilidad 30 mA, clase A. La configuración prevista contempla dos circuitos de alumbrado independientes:

CIRCUITO	USO PREVISTO	CONDUCTORES	PROTECCIÓN PREVISTA
AL. 1	Alumbrado de sala 182 W	2x1,5 + TT 1,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 10 A
AL. 2	Alumbrado de sala 208 W	2x1,5 + TT 1,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 10 A

La división del alumbrado en dos circuitos permite mejorar la disponibilidad del servicio, de forma que una incidencia en una línea no deje completamente sin iluminación la sala. Los encendidos se dispondrán de forma funcional, permitiendo el control del alumbrado desde los accesos o zonas de uso habitual, según la configuración final de la sala.

3.3.7.3 Circuitos de alimentación a equipos de rayos X, equipos auxiliares y SAI

Además de los circuitos convencionales, la sala dispondrá de circuitos alimentados desde el sistema SAI, destinados a aquellos receptores técnicos definidos en los cálculos eléctricos y a las tomas de corriente que requieren alimentación respaldada.

Los equipos técnicos dispondrán de alimentaciones eléctricas específicas e independientes, ejecutadas conforme a las necesidades de potencia, tensión y configuración de cada receptor. Se incluyen el difractor PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el tomógrafo EASYTOM L, las dos enfriadoras necesarias para dicho tomógrafo y el tomógrafo ZEISS. Cada receptor contará con su propio circuito protegido, facilitando el mantenimiento, la maniobra individual y la localización de incidencias.

Las líneas destinadas a estos equipos se ejecutarán mediante conductores de cobre tipo RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV, no propagadores del incendio, de baja emisión de humos y opacidad reducida, con apantallamiento conforme a los cálculos y planos. Las canalizaciones se realizarán mediante tubo o sistema equivalente, adaptando su recorrido a la implantación final de los equipos.

Se dispondrán alimentaciones específicas e independientes para cada uno de los equipos técnicos y auxiliares. Las potencias instaladas consideradas en los cálculos son 5.700 W para el difractor PANalytical, 13.840 W para el equipo SAXS/WAXS, 2.000 W para el tomógrafo EASYTOM L, 1.100 W para cada una de sus dos enfriadoras, 1.100 W para la enfriadora asociada al difractor PANalytical y 2.990 W para el tomógrafo ZEISS. La configuración prevista contempla, entre otros, los siguientes circuitos específicos:

Equipo / circuito	Tipo de alimentación	Conductores previstos	Protección prevista
Difractor PANalytical	Trifásica 400 V - 5,70 kW	3x10 + TT 10 mm ² Cu, apantallado	Magnetotérmico tripolar 25 A + diferencial tetrapolar 40 A, 30 mA, clase A SI
Equipo SAXS/WAXS	Trifásica 400 V (3F+N) - 13,84 kW	4x6 + TT 6 mm ² Cu, apantallado	Magnetotérmico tetrapolar 25 A + diferencial tetrapolar 40 A, 30 mA, clase A SI
Tomógrafo EASYTOM L	Monofásica 230 V - 2,00 kW	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu, apantallado	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A SI
Enfriadora 1 EASYTOM L	Monofásica 230 V - 1,10 kW	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu, RZ1-K(AS)	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A SI
Enfriadora 2 EASYTOM L	Monofásica 230 V - 1,10 kW	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu, RZ1-K(AS)	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A SI
Tomógrafo ZEISS	Monofásica 230 V - 2,99 kW	2x6 + TT 6 mm ² Cu, apantallado	Magnetotérmico bipolar 25 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A SI
Enfriadora PANalytical	Monofásica 230 V - 1,10 kW	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu, RZ1-K(AS)	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A SI

Las tomas o puntos de conexión de los equipos instalados en la sala se dispondrán conexión de estos equipos se instalarán en las proximidades de su ubicación definitiva, respetando las zonas de acceso, operación y mantenimiento de cada máquina. La conexión se realizará de forma que se eviten tendidos expuestos innecesarios, protegiendo mecánicamente las líneas y manteniendo la continuidad del conductor de protección hasta cada receptor, incluidas las dos enfriadoras del EASYTOM L.

Dado que se trata de equipos técnicos sensibles y de elevado valor, se prestará especial atención a la correcta puesta a tierra, al apriete de conexiones, a la identificación de los circuitos y a la separación respecto de otros servicios que puedan generar perturbaciones.

Los circuitos alimentados desde SAI se mantendrán claramente diferenciados de los circuitos de servicios generales procedentes del cuadro asociado al grupo electrógeno, tanto en el subcuadro como en las canalizaciones, protecciones, bornes y tomas finales. No se mezclarán neutros ni derivaciones entre ambos sistemas, y todas las tomas respaldadas deberán quedar debidamente identificadas para evitar usos no previstos.

Se contemplan circuitos SAI para tomas de corriente de apoyo y para determinados equipos técnicos de la sala. Estos circuitos se ejecutarán con conductores de cobre adecuados, protecciones magnetotérmicas independientes y protección diferencial de 30mA de clase A superinmunizada, de acuerdo con los cálculos eléctricos. La configuración prevista para las tomas respaldadas por SAI incluye:

CIRCUITO	USO PREVISTO	CONDUCTORES	PROTECCIÓN PREVISTA
P.T. 1 Y 2 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 3 Y 4 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 5 Y 6 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 7 Y 8 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 9 Y 10 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 11 Y 12 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 13 Y 14 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 15 Y 16 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A

P.T. 17 Y 18 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A
P.T. 19 Y 20 SAI	Tomas alimentadas desde SAI	2x2,5 + TT 2,5 mm ² Cu	Magnetotérmico bipolar 16 A + diferencial bipolar 40 A, 30 mA, clase A

Las tomas alimentadas desde SAI se instalarán diferenciadas de las tomas convencionales mediante identificación específica, permitiendo al usuario reconocer qué puntos disponen de respaldo eléctrico. Esta separación evita la conexión accidental de cargas no previstas al sistema SAI y contribuye a preservar la autonomía y estabilidad del suministro para los receptores realmente necesarios.

En conjunto, la distribución interior de circuitos permitirá disponer de una instalación flexible, segura y adaptada al uso de la sala, con separación funcional entre servicios generales, alumbrado, tomas de corriente, equipos específicos, enfriadoras auxiliares y alimentación respaldada mediante SAI.

3.3.7.4 Circuito de alimentación de climatización de la sala

La nueva instalación de climatización de la sala dispondrá de un circuito monofásico independiente alimentado desde la parte de servicios generales del subcuadro. La potencia instalada considerada es de 2.780 W a 230 V, con una longitud de cálculo de 75 m. La línea se ejecutará mediante conductor de cobre RZ1-K(AS) 0,6/1 kV, sección 2x6 + TT 6 mm², no propagador del incendio y de baja emisión de humos, con trazado sobre bandeja perforada de 75x60 mm en los tramos previstos.

El circuito de climatización quedará protegido mediante interruptor automático bipolar de 25 A y protección diferencial bipolar de 25 A, sensibilidad 30 mA, clase A. La caída de tensión total calculada es del 3,78 %, valor admisible para el circuito. La alimentación quedará rotulada e identificada de forma independiente del resto de servicios.

3.3.8 Canalizaciones eléctricas

La distribución eléctrica de la nueva sala de rayos X se ejecutará mediante un sistema de canalizaciones adecuado a los recorridos previstos, a la configuración constructiva de la sala y a las necesidades particulares de los equipos a alimentar. Las canalizaciones permitirán el tendido ordenado y protegido de los conductores, garantizando la accesibilidad para inspección, mantenimiento y futuras intervenciones.

Los recorridos principales de alimentación hasta la sala se realizarán mediante **bandeja o canal de PVC rígido perforado**, de dimensiones adecuadas para alojar las líneas previstas, permitiendo una correcta ventilación de los conductores y una disposición ordenada de los circuitos. En estos recorridos principales discurrirán las líneas de alimentación al subcuadro eléctrico, manteniendo una instalación registrable y protegida frente a daños mecánicos.

La distribución desde el subcuadro hasta los distintos puntos de consumo se realizará mediante tubos de protección, canales o canalizaciones equivalentes, adaptados al trazado de cada circuito. Se emplearán canalizaciones en falso techo, pared o bajo solera según la ubicación de los equipos y puestos de trabajo. Las alimentaciones de las enfriadoras y de la unidad exterior de climatización continuarán hasta el exterior del edificio, discurriendo en su tramo común sobre bandeja perforada de 75x60 mm, de acuerdo con los planos de instalación.

Las derivaciones hacia tomas de corriente, puestos de trabajo y alumbrado se ejecutarán preferentemente mediante tubo de diámetro adecuado a la sección y número de conductores instalados. La alimentación de climatización se ejecutará mediante cable RZ1-K(AS) 2x6 + TT 6 mm², con recorrido de cálculo de 75 m y montaje sobre bandeja perforada de 75x60 mm en los tramos definidos en proyecto.

Las alimentaciones específicas a los equipos de rayos X, difracción y equipos auxiliares, se ejecutarán mediante canalizaciones individualizadas hasta las proximidades de cada equipo, garantizando la protección mecánica de los conductores y evitando tendidos vistos o expuestos en zonas de paso. En función de la posición definitiva de cada receptor, estas canalizaciones podrán discurrir por falso techo o bajo solera, finalizando en el punto de conexión previsto para cada receptor, tal y como se refleja en los planos de instalación.

En aquellos casos en los que los equipos requieran alimentaciones específicas o líneas apantalladas, se dispondrán canalizaciones adecuadas que permitan mantener la integridad del cableado y su correcta separación respecto a otros servicios. Esta solución contribuye a reducir posibles interferencias electromagnéticas y mejora la fiabilidad de funcionamiento de los equipos técnicos instalados.

Los circuitos alimentados desde red general y los circuitos alimentados desde SAI se mantendrán claramente diferenciados. Esta separación se tendrá en cuenta tanto en el subcuadro como en las canalizaciones principales y derivaciones, evitando la mezcla de líneas, neutros o puntos de conexión pertenecientes a sistemas de alimentación distintos. Las tomas alimentadas desde SAI quedarán identificadas y asociadas exclusivamente a sus circuitos correspondientes.

Cuando coincidan varios servicios en un mismo recorrido general, se ordenarán los conductores por grupos funcionales, diferenciando las líneas de alimentación general, líneas SAI, circuitos de alumbrado, tomas de corriente y alimentaciones específicas de equipos. En caso de existir líneas de control, comunicaciones o señales débiles, estas se canalizarán separadamente de las líneas de potencia, o con la separación física necesaria, para evitar perturbaciones y facilitar su mantenimiento.

Las canalizaciones se instalarán siguiendo criterios de orden, accesibilidad y seguridad. Los recorridos serán lo más directos posible, evitando cruces innecesarios, cambios bruscos de dirección y zonas susceptibles de golpes o interferencias con otros elementos constructivos o instalaciones. Se respetarán los radios de curvatura de los conductores, los grados de ocupación admisibles y las condiciones de montaje propias de cada sistema de canalización.

En los pasos por elementos constructivos, cambios de plano, encuentros con equipos y entradas a cuadros o cajas, se dispondrán los elementos auxiliares necesarios para garantizar la protección del cableado, tales como cajas de registro, prensaestopas, racores, pasamuros, accesorios de unión, tapas y elementos de fijación. Todas las canalizaciones quedarán correctamente sujetas, alineadas y registrables en los puntos necesarios.

Las canalizaciones metálicas, si se emplearan en algún tramo, quedarán conectadas al sistema de puesta a tierra cuando proceda. Asimismo, se garantizará la continuidad del conductor de protección en todos los circuitos, desde el subcuadro hasta los receptores finales.

Con esta solución, la instalación eléctrica interior de la sala dispondrá de una red de canalizaciones segura, ordenada y adecuada al uso técnico previsto, permitiendo alimentar de forma independiente los equipos de rayos X, las tomas de corriente, los puestos de trabajo, y difracción, las dos enfriadoras del EASYTOM L, la climatización, las tomas de corriente, los puestos de trabajo, el alumbrado y los servicios respaldados por SAI.

3.3.9 Conductores eléctricos empleados

Los conductores eléctricos empleados en la instalación serán de cobre, con aislamiento adecuado a la tensión de servicio, a las condiciones de instalación y a la naturaleza de los receptores alimentados. Todos los cables utilizados serán aptos para instalaciones interiores de baja tensión, con características de seguridad mejoradas frente al fuego, no propagadores del incendio y con baja emisión de humos y gases corrosivos.

La instalación se ejecutará diferenciando los tipos de conductor en función del uso de cada circuito. Para las líneas principales de alimentación y para aquellas líneas que discurran por bandeja, canal o canalización común, se emplearán conductores con aislamiento **0,6/1 kV**. Para los circuitos interiores de tomas de corriente, puestos de trabajo y alumbrado se emplearán conductores con aislamiento **450/750 V**, adecuados para instalación bajo tubo o canalización protegida. Para los equipos técnicos conectados al SAI se emplearán conductores apantallados 0,6/1 kV conforme a los cálculos.

Los conductores previstos serán, con carácter general, de los siguientes tipos:

- **RZ1-K(AS) 0,6/1 kV**, conductor de cobre flexible, aislamiento de polietileno reticulado y cubierta libre de halógenos, no propagador del incendio y de baja emisión de humos, con clasificación Cca-s1b,d1,a1, destinado a líneas principales de alimentación y al circuito de climatización.
- **H07Z1-K(AS) 450/750 V**, conductor de cobre flexible, libre de halógenos, no propagador del incendio y de baja emisión de humos, con clasificación Cca-s1b,d1,a1, destinado a circuitos interiores de alumbrado, tomas de corriente y servicios auxiliares.
- **RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV** apantallado, conductor de cobre flexible con pantalla, libre de halógenos, no propagador del incendio y de baja emisión de humos, con

clasificación Cca-s1b,d1,a1, destinado a la alimentación de los equipos técnicos sensibles conectados al sistema SAI.

Todos los circuitos dispondrán de conductor de protección, que acompañará a los conductores activos hasta el receptor final. El conductor de protección se conectará al embarrado de tierra del subcuadro y garantizará la continuidad de puesta a tierra de las masas metálicas de equipos, tomas de corriente, envolventes y demás elementos que lo requieran.

Las secciones de los conductores se seleccionarán atendiendo a la intensidad prevista en cada circuito, la intensidad admisible según el sistema de instalación, la caída de tensión, la longitud del recorrido, la protección magnetotérmica asociada y las condiciones de agrupamiento o temperatura que puedan afectar al tendido.

De forma general, las secciones previstas para la instalación serán las siguientes:

SERVICIO / CIRCUITO	TIPO DE CONDUCTOR PREVISTO	SECCIÓN PREVISTA
ALIMENTACIÓN DE SERVICIOS GENERALES DESDE GRUPO ELECTRÓGENO	RZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu	4x10 + TT 10 mm ²
ALIMENTACIÓN DESDE SAI	RZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu	4x25 + TT 25 mm ²
TOMAS DE CORRIENTE DE USO GENERAL	H07Z1-K(AS) 450/750 V Cu	2x2,5 + TT 2,5 mm ²
TOMAS DE CORRIENTE ALIMENTADAS DESDE SAI	H07Z1-K(AS) 450/750 V Cu	2x2,5 + TT 2,5 mm ²
ALUMBRADO	H07Z1-K(AS) 450/750 V Cu	2x1,5 + TT 1,5 mm ²
CLIMATIZACIÓN DE SALA	RZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu	2x6 + TT 6 mm ²
DIFRACTÓMETRO PANALYTICAL	RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu apantallado	3x10 + TT 10 mm ²
EQUIPO SAXS/WAXS	RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu apantallado	4x6 + TT 6 mm ²
TOMÓGRAFO EASYTOM L	RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu apantallado	2x2,5 + TT 2,5 mm ²
ENFRIADORA 1 EASYTOM L	RZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu	2x2,5 + TT 2,5 mm ²
ENFRIADORA 2 EASYTOM L	RZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu	2x2,5 + TT 2,5 mm ²
TOMÓGRAFO ZEISS	RZ1KZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu apantallado	2x6 + TT 6 mm ²
ENFRIADORA PANALYTICAL	RZ1-K(AS) 0,6/1 kV Cu	2x2,5 + TT 2,5 mm ²

Los conductores correspondientes a circuitos monofásicos estarán formados por fase, neutro y conductor de protección. Los circuitos trifásicos dispondrán de los conductores activos necesarios y conductor de protección, incorporando neutro cuando las características del receptor lo requieran.

En los circuitos destinados a equipos de rayos X, difracción, tomografía y equipos auxiliares de refrigeración se emplearán conductores de sección y aislamiento adecuados a la potencia de cada receptor, prestando especial atención a la correcta conexión del conductor de protección, al apantallamiento cuando proceda y a la separación respecto de otros circuitos

que puedan generar perturbaciones. Las alimentaciones de las enfriadoras exteriores se ejecutarán con cable RZ1-K(AS) 0,6/1 kV, libre de halógenos y no propagador del incendio.

Los conductores estarán identificados conforme a su función, empleando los colores normalizados para fases, neutro y protección. En el interior del subcuadro y en las cajas de conexión se dispondrá una identificación clara de cada línea, de forma que sea posible reconocer el circuito al que pertenece, el servicio alimentado y la protección asociada.

El tendido se realizará sin empalmes innecesarios, respetando los radios mínimos de curvatura, evitando esfuerzos mecánicos sobre los conductores y garantizando una correcta sujeción en entradas a cuadros, cajas, canalizaciones y puntos de conexión. Los extremos de los conductores se prepararán adecuadamente mediante punteras, terminales o elementos de conexión apropiados, asegurando un apriete correcto y una conexión fiable.

Con la selección de estos conductores se garantiza una instalación eléctrica segura, adecuada al uso previsto de la sala y compatible con las exigencias de alimentación de los equipos técnicos, las dos enfriadoras asociadas al EASYTOM L, la enfriadora asociada al difractorómetro PANalytical y la climatización de la nueva dependencia.

3.3.10 Protecciones eléctricas

La instalación eléctrica de la nueva sala de rayos X dispondrá de los dispositivos de protección necesarios para garantizar la seguridad de las personas, la protección de los conductores, la adecuada alimentación de los receptores y la desconexión automática ante situaciones de defecto.

Las protecciones se instalarán en el subcuadro eléctrico de baja tensión de la sala y se organizarán por circuitos independientes, diferenciando los servicios generales, alumbrado, climatización tomas de corriente, equipos específicos de rayos X y difracción, enfriadoras auxiliares y circuitos alimentados desde SAI.

3.3.10.1 Protección contra sobrecargas

Cada circuito dispondrá de protección magnetotérmica calibrada de acuerdo con la sección de los conductores, la intensidad admisible de la canalización y la potencia prevista de los receptores alimentados.

La protección frente a sobrecargas se realizará mediante interruptores automáticos magnetotérmicos, de forma que la intensidad nominal de cada dispositivo sea inferior o igual a la intensidad máxima admisible del conductor protegido. Con ello se evita el calentamiento excesivo de las líneas y se garantiza la desconexión automática en caso de demanda superior a la prevista.

De forma general, se prevén las siguientes protecciones por tipo de circuito:

CIRCUITO / SERVICIO	PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA PREVISTA
ALIMENTACIÓN SERVICIOS GENERALES DESDE GRUPO ELECTRÓGENO	Interruptor automático tetrapolar 40 A
ALIMENTACIÓN DESDE SAI	Interruptor automático tetrapolar 63 A
TOMAS DE CORRIENTE DE USO GENERAL	Interruptor automático bipolar 16 A
TOMAS DE CORRIENTE ALIMENTADAS DESDE SAI	Interruptor automático bipolar 16 A
ALUMBRADO	Interruptor automático bipolar 10 A
CLIMATIZACIÓN DE SALA	Interruptor automático bipolar 25 A
DIFRACTÓMETRO PANALYTICAL	Interruptor automático tripolar 25 A
EQUIPO SAXS/WAXS	Interruptor automático tetrapolar 25 A
TOMÓGRAFO EASYTOM L	Interruptor automático bipolar 16 A
ENFRIADORA 1 EASYTOM L	Interruptor automático bipolar 16 A
ENFRIADORA 2 EASYTOM L	Interruptor automático bipolar 16 A
TOMÓGRAFO ZEISS	Interruptor automático bipolar 25 A
ENFRIADORA PANALYTICAL	Interruptor automático bipolar 16 A

Los calibres indicados permiten proteger adecuadamente las líneas previstas y mantener una explotación independiente de cada receptor o grupo de receptores.

3.3.10.2 Protección contra cortocircuitos

La protección frente a cortocircuitos se realizará igualmente mediante los interruptores automáticos magnetotérmicos instalados en el subcuadro y, en su caso, en el origen de las líneas de alimentación.

Estos dispositivos deberán disponer de un poder de corte adecuado al nivel de cortocircuito previsto en cada punto de la instalación. La selección de las protecciones se realizará de forma que sean capaces de interrumpir con seguridad la corriente de cortocircuito máxima que pueda presentarse, evitando daños en conductores, canalizaciones, envolventes y receptores conectados.

Las líneas principales de alimentación y los circuitos finales quedarán protegidos tanto frente a cortocircuitos entre fases como frente a cortocircuitos fase-neutro o fase-conductor de protección. La curva de disparo de los interruptores automáticos será adecuada al tipo de receptor alimentado, permitiendo el funcionamiento normal de los equipos y garantizando la desconexión ante defecto.

3.3.10.3 Protección diferencial

La protección diferencial se dispondrá para la detección de defectos de aislamiento y corrientes de fuga a tierra, garantizando la desconexión automática de los circuitos afectados.

Los circuitos terminales de tomas de corriente, alumbrado y alimentación de equipos dispondrán de protección diferencial de alta sensibilidad, con sensibilidad nominal de **30 mA**, adecuada para la protección de personas frente a contactos indirectos.

Los interruptores diferenciales previstos serán de clase A y, en los circuitos específicos asociados a equipos electrónicos sensibles, de clase A superinmunizados. Esta solución

resulta adecuada para receptores con componentes electrónicos, instrumentación de laboratorio y sistemas alimentados desde SAI, reduciendo el riesgo de disparos intempestivos sin menoscabo de la protección frente a defectos de aislamiento.

Las protecciones diferenciales se organizarán de forma que una incidencia en un circuito no provoque la desconexión innecesaria del conjunto de la sala. Para ello, los circuitos de equipos específicos contarán con protecciones independientes o agrupaciones diferenciadas respecto a los circuitos de tomas de corriente, alumbrado y servicios auxiliares.

3.3.10.4 Protección frente a contactos indirectos

La protección frente a contactos indirectos se realizará mediante la conexión de todas las masas metálicas al sistema de puesta a tierra del edificio y mediante la actuación de los interruptores diferenciales instalados en el subcuadro.

Todos los circuitos dispondrán de conductor de protección, que acompañará a los conductores activos hasta cada toma, luminaria, equipo o punto de conexión. Dicho conductor se conectará al embarrado de tierra del subcuadro y garantizará la continuidad eléctrica con la puesta a tierra general.

Quedarán conectadas a tierra las masas de los equipos, envolventes del subcuadro, bornes de protección, tomas de corriente, luminarias, canalizaciones metálicas si existieran y cualquier elemento conductor accesible que pueda quedar accidentalmente en tensión.

Esta solución permite que, ante un defecto de aislamiento, la corriente de fuga sea derivada a tierra y se produzca la desconexión automática del circuito mediante la protección diferencial correspondiente.

3.3.10.5 Coordinación entre conductores y dispositivos de protección

La selección de las protecciones se realizará manteniendo la coordinación básica entre la sección de los conductores, la intensidad admisible de las canalizaciones y el calibre de los interruptores automáticos instalados.

En todos los casos se comprobará que:

- La intensidad prevista del circuito sea inferior a la intensidad nominal de la protección.
- La intensidad nominal de la protección sea igual o inferior a la intensidad admisible del conductor.
- El poder de corte del interruptor automático sea adecuado a la corriente de cortocircuito prevista.
- La caída de tensión se mantenga dentro de valores admisibles.

- La protección diferencial sea compatible con el tipo de receptor alimentado.
- El conductor de protección tenga sección adecuada y continuidad hasta el receptor final.

De esta forma se garantiza que cada línea quede correctamente protegida tanto en régimen permanente como ante situaciones de defecto.

3.3.10.6 Adecuación de las protecciones a los receptores instalados

Las protecciones se seleccionarán atendiendo a la naturaleza de los receptores alimentados. Los circuitos de tomas de corriente, alumbrado y climatización dispondrán de protecciones adecuadas a su uso, mientras que los equipos de rayos X, difracción, tomografía y las dos enfriadoras asociadas al EASYTOM L, y la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical, contarán con líneas y protecciones independientes.

Cada equipo técnico dispondrá de circuito específico, evitando la conexión compartida con otros receptores no asociados. Esta configuración permite aislar eléctricamente el difractómetro PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el EASYTOM L, cada una de sus dos enfriadoras, la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical y el tomógrafo ZEISS, facilitando su mantenimiento y limitando el alcance de posibles averías.

Los circuitos alimentados desde SAI mantendrán protecciones propias e independientes respecto de los circuitos alimentados desde red general. No se compartirán neutros ni derivaciones entre ambos sistemas, y las tomas respaldadas quedarán claramente identificadas.

En conjunto, el sistema de protecciones previsto permitirá disponer de una instalación segura, sectorizada y adecuada para el uso técnico de la sala de rayos X, garantizando la protección de las personas, de los conductores y de los equipos conectados.

3.3.11 Puesta a tierra y equipotencialidad

La instalación eléctrica de la nueva sala de rayos X dispondrá de una red de puesta a tierra asociada a todos los circuitos interiores alimentados desde el subcuadro de baja tensión. Esta red tendrá como finalidad garantizar la protección de las personas frente a contactos indirectos, asegurar la correcta derivación de posibles corrientes de defecto y mantener la equipotencialidad de las masas metálicas accesibles.

La nueva red de puesta a tierra de la sala se conectará a la **red general de tierra existente en el edificio**, no ejecutándose una toma de tierra independiente. De esta forma, toda la instalación quedará integrada en un único sistema equipotencial, evitando diferencias de potencial entre masas pertenecientes a distintas partes de la instalación eléctrica del inmueble.

Desde el embarrado o borne principal de tierra del nuevo subcuadro partirán los conductores de protección correspondientes a cada uno de los circuitos eléctricos interiores. Estos conductores acompañarán en todo su recorrido a los conductores activos de cada línea, hasta alcanzar las tomas de corriente, luminarias, equipos de rayos X, y difracción, tomógrafos, enfriadoras, equipo de climatización, envolventes, cajas de conexión y demás receptores alimentados desde el subcuadro.

Todos los circuitos dispondrán, por tanto, de conductor de protección dimensionado conforme a la sección de los conductores activos y a la protección eléctrica asociada. Dicho conductor será continuo, sin interrupciones ni seccionamientos, y se identificará mediante la coloración normalizada verde-amarillo.

Quedarán conectados a la red de puesta a tierra, como mínimo, los siguientes elementos:

- Envolvente metálica del subcuadro eléctrico, en caso de ser metálica.
- Barras, bornes y repartidores de protección del subcuadro.
- Tomas de corriente y bases de conexión.
- Luminarias y equipos de alumbrado que lo requieran.
- Masas metálicas de los equipos de rayos X y difracción y tomografía, de las dos enfriadoras asociadas al EASYTOM L, la enfriadora asociada al difractorómetro PANalytical y del equipo de climatización alimentados desde el subcuadro.
- Cajas, soportes y envolventes metálicas accesibles.
- Canalizaciones metálicas, bandejas o elementos conductores, en caso de emplearse.
- Pantallas de cables apantallados, cuando proceda según el tipo de conexión y las indicaciones del fabricante del equipo.

La conexión de los equipos técnicos y auxiliares se realizará asegurando la continuidad del conductor de protección hasta cada punto de alimentación. En el caso de equipos sensibles o con cableado apantallado, incluidos el EASYTOM L, y sus enfriadoras y la enfriadora asociada al difractorómetro PANalytical, se prestará especial atención a la correcta conexión de las pantallas y masas, evitando conexiones defectuosas que puedan generar perturbaciones, corrientes parásitas o problemas de compatibilidad electromagnética.

La equipotencialidad de la sala se resolverá mediante la unión de todas las masas metálicas accesibles al sistema de puesta a tierra del edificio. Esta medida permite que, ante un defecto de aislamiento, la corriente de defecto sea conducida de forma segura hacia tierra y se produzca la actuación de las protecciones diferenciales correspondientes.

No se permitirá la existencia de masas metálicas alimentadas desde el subcuadro sin conexión al conductor de protección. Asimismo, se evitarán tierras independientes o aisladas para equipos concretos, salvo indicación expresa y justificada del fabricante, ya que podrían provocar diferencias de potencial entre equipos y aumentar el riesgo eléctrico.

Durante la ejecución de la instalación se verificará especialmente la correcta continuidad de los conductores de protección, el apriete de bornes, la identificación de los conductores de tierra y la conexión efectiva de todos los elementos metálicos que deban quedar puestos a tierra.

Antes de la puesta en servicio se realizarán las comprobaciones correspondientes de continuidad de los conductores de protección y de correcta actuación de las protecciones diferenciales, dejando la instalación preparada para su funcionamiento seguro y coordinado con la red de tierra general del edificio.

3.3.12 Criterios de ejecución

La ejecución de la instalación eléctrica de la nueva sala de rayos X se realizará siguiendo criterios de orden, seguridad, accesibilidad y compatibilidad con el uso técnico de la dependencia, con los equipos de rayos X y difracción, con las dos enfriadoras asociadas al EASYTOM L y la enfriadora asociada al difractómetro PANalytical y con la instalación de climatización.

Los trabajos se desarrollarán de forma coordinada con la implantación definitiva de los equipos, procurando que las canalizaciones, puntos de conexión, tomas de corriente, mecanismos, luminarias, alimentación de climatización no interfieran con las zonas de operación y mantenimiento. Las líneas destinadas a las enfriadoras se prolongarán hasta su nueva ubicación exterior junto a la unidad exterior de aire acondicionado, quedando protegidas, soportadas e identificadas en todo su recorrido.

La instalación deberá quedar ejecutada de forma limpia y ordenada, con recorridos racionales, evitando cruces innecesarios, acumulaciones de cableado, tendidos expuestos o soluciones provisionales. Las canalizaciones se dispondrán alineadas, correctamente fijadas y registrables en los puntos necesarios, facilitando las futuras labores de inspección, mantenimiento y ampliación.

Los circuitos eléctricos se identificarán de manera clara desde el subcuadro hasta los puntos finales de consumo. Cada protección, borne, línea, toma específica y punto de conexión deberá quedar rotulado de forma legible y permanente, indicando el servicio al que pertenece y si procede de servicios generales o del sistema SAI. Se identificarán individualmente el EASYTOM L, cada una de sus dos enfriadoras, el tomógrafo ZEISS, los equipos de difracción y el circuito de climatización.

El tendido de conductores se realizará respetando las condiciones propias de cada tipo de cable y canalización. Se evitarán esfuerzos mecánicos excesivos, aplastamientos, torsiones, empalmes innecesarios y radios de curvatura inferiores a los admisibles. Los conductores deberán quedar correctamente guiados, sujetos y protegidos en las entradas a cuadros, cajas, tubos, bandejas, canales y puntos de conexión.

Las canalizaciones deberán proporcionar la protección mecánica adecuada a los conductores, especialmente en zonas de paso, zonas próximas a equipos, tramos bajo solera,

bajantes, pasos por paramentos y puntos expuestos a posibles golpes o manipulaciones. En los cambios de dirección, entradas a cajas, pasos entre elementos constructivos y encuentros con el subcuadro o receptores, se emplearán accesorios adecuados, tales como racores, prensaestopas, pasamuros, cajas de registro, curvas, tapas y elementos de fijación.

Se mantendrá la separación funcional entre los distintos grupos de circuitos, especialmente entre alimentación procedente del grupo electrógeno, alimentación desde SAI, circuitos de alumbrado, climatización, tomas de corriente de uso general y líneas específicas de equipos. En caso de existir líneas de comunicaciones, control o señales débiles, estas deberán discurrir separadas de las líneas de potencia o con las medidas necesarias para evitar interferencias.

El conexionado se realizará de forma cuidadosa y conforme a la función de cada conductor. Los conductores activos, neutros y de protección deberán conectarse a sus bornes correspondientes, evitando inversiones de polaridad, mezclas de neutros entre diferenciales, conexiones cruzadas entre red general y SAI o interrupciones del conductor de protección. Los conductores de tierra deberán mantenerse continuos hasta cada receptor y conectarse correctamente a tomas, masas metálicas, envolventes, luminarias, equipos y canalizaciones metálicas que lo requieran.

En el interior del subcuadro se cuidará especialmente la ordenación del cableado, el apriete de bornes, la separación entre circuitos, la correcta conexión a los repartidores de fase, neutro y protección, y la correspondencia entre cada línea y su dispositivo de protección. Los cables se identificarán en origen y destino, y se emplearán terminales, punteras o elementos de conexión adecuados para garantizar una unión eléctrica segura y duradera.

Las alimentaciones de los equipos de rayos X, difracción y sus equipos auxiliares se ejecutarán de acuerdo con las necesidades de cada receptor, procurando que los puntos de conexión queden próximos a la ubicación definitiva de los equipos y evitando tendidos provisionales sobre el pavimento o zonas de circulación. En las líneas del EASYTOM L y de sus dos enfriadoras se prestará especial atención a la continuidad del conductor de protección, al correcto conexionado de pantallas y a la protección mecánica de los tramos finales.

Las tomas de corriente y mecanismos se instalarán en posiciones accesibles y funcionales, evitando ubicaciones que puedan quedar ocultas por equipos, mobiliario o elementos de laboratorio. Las tomas alimentadas desde SAI deberán diferenciarse claramente de las tomas convencionales mediante rotulación específica o mecanismos diferenciados.

El montaje del alumbrado se realizará asegurando una distribución uniforme, una fijación segura de las luminarias y una conexión eléctrica correcta. La alimentación de la climatización se ejecutará como circuito independiente, debidamente protegida e identificada, de forma que su mantenimiento no afecte a los equipos técnicos alimentados desde SAI.

Durante la ejecución se adoptarán las medidas necesarias para no dañar instalaciones existentes, elementos constructivos, acabados de la sala ni equipos ya instalados. Cualquier actuación sobre cuadros existentes, pasos de instalaciones o canalizaciones comunes deberá realizarse de forma controlada y por personal cualificado.

Una vez finalizados los trabajos, la instalación deberá quedar cerrada, protegida, rotulada y preparada para su verificación. No se admitirán empalmes no registrables, conductores sin identificar, canalizaciones abiertas, bornes sin protección, tomas sin conductor de tierra ni circuitos sin correspondencia clara con su protección en el subcuadro.

Con estos criterios de ejecución se garantiza una instalación eléctrica segura, mantenible y adecuada al funcionamiento de la nueva sala de rayos X, compatible con los equipos técnicos previstos, con el tomógrafo EASYTOM L y sus dos enfriadoras, y con las necesidades de climatización propias del entorno de laboratorio.

Los materiales previstos para la ejecución de la instalación eléctrica de la nueva sala de rayos X serán adecuados para instalaciones interiores de baja tensión, seleccionados en función de las condiciones de servicio, la potencia de los receptores, el tipo de canalización, la seguridad frente al incendio y las necesidades particulares de los equipos técnicos a alimentar.

Todos los materiales deberán ser normalizados, aptos para su uso en instalaciones eléctricas de baja tensión, compatibles entre sí y adecuados al entorno técnico de la sala. Su montaje se realizará siguiendo criterios de seguridad, accesibilidad, orden, identificación y facilidad de mantenimiento.

3.3.13. Comprobaciones y puesta en servicio.

Una vez finalizados los trabajos de instalación eléctrica de la nueva sala de rayos X, y antes de su entrega y puesta en servicio, se realizarán las comprobaciones necesarias para verificar que la instalación ha sido ejecutada correctamente, que los circuitos se encuentran debidamente protegidos y que todos los receptores disponen de una alimentación segura y funcional.

Las verificaciones se llevarán a cabo por personal cualificado, empleando los equipos de medida adecuados y comprobando tanto las líneas de alimentación al subcuadro como los circuitos interiores de tomas de corriente, alumbrado, climatización, equipos específicos de rayos X y difracción, enfriadoras y circuitos alimentados desde SAI.

3.3.13.1 Continuidad de los conductores de protección

Se comprobará la continuidad eléctrica de todos los conductores de protección, desde el embarrado de tierra del subcuadro hasta cada uno de los puntos finales de la instalación.

Esta comprobación incluirá tomas de corriente, luminarias, equipos alimentados desde el subcuadro, envoltentes metálicas, canalizaciones metálicas si existieran, cajas, bornes y demás masas accesibles que deban quedar conectadas al sistema de puesta a tierra.

Se verificará que no existen interrupciones en el conductor de protección y que la nueva red de tierra de la sala queda correctamente conectada a la red general de puesta a tierra existente en el edificio.

3.3.13.2 Comprobación de aislamiento

Se realizará la medición de la resistencia de aislamiento de los circuitos instalados, verificando que los conductores activos presentan un adecuado aislamiento entre sí y respecto al conductor de protección.

Esta comprobación se efectuará antes de conectar definitivamente los equipos sensibles, evitando que las tensiones de ensayo puedan afectar a receptores electrónicos, sistemas SAI, equipos de rayos X, tomógrafos, enfriadoras, equipos de climatización o instrumentación de laboratorio.

En caso necesario, los receptores se desconectarán previamente y se ensayarán únicamente las líneas y canalizaciones eléctricas, garantizando que no existen derivaciones, daños en el aislamiento, humedades, contactos indebidos o defectos de montaje.

3.3.13.3 Verificación de polaridad y conexionado

Se verificará la correcta polaridad y correspondencia de todos los circuitos, comprobando la adecuada conexión de fases, neutros y conductores de protección.

En los circuitos monofásicos se comprobará que la fase y el neutro llegan correctamente a cada toma o punto de conexión. En los circuitos trifásicos se verificará la correcta disposición de fases y, cuando proceda, la secuencia de fases necesaria para el funcionamiento de los equipos.

También se revisará que no existan mezclas de neutros entre circuitos protegidos por diferenciales distintos, cruces entre alimentación normal y alimentación SAI, conexiones compartidas no previstas o derivaciones que puedan comprometer la selectividad y seguridad de la instalación.

3.3.13.4 Comprobación de protecciones diferenciales

Se comprobará el correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales instalados en el subcuadro, verificando su actuación mediante el pulsador de prueba y, cuando proceda, mediante equipo de comprobación específico.

La verificación confirmará que cada diferencial actúa sobre los circuitos que tiene asociados y que su disparo desconecta únicamente los servicios correspondientes, sin afectar indebidamente a otros circuitos de la sala.

Se prestará especial atención a los circuitos alimentados desde SAI y a las líneas destinadas a equipos técnicos, incluido el EASYTOM L y sus dos enfriadoras y la enfriadora del difractómetro PANalytical, comprobando que las protecciones diferenciales son compatibles con los receptores instalados y que no se producen disparos intempestivos durante las pruebas funcionales

3.3.13.5 Medición de tensiones

Se realizará la medición de tensiones en el subcuadro y en los puntos finales de consumo, comprobando que los valores obtenidos son adecuados para los receptores previstos.

Se verificarán las tensiones entre fases, fase-neutro y fase-conductor de protección, tanto en las alimentaciones de red general como en las alimentaciones procedentes del sistema SAI.

En los circuitos de los equipos técnicos se comprobará que la tensión disponible en el punto de conexión es compatible con las necesidades de cada receptor, verificando expresamente las alimentaciones del difractómetro PANalytical, el equipo SAXS/WAXS, el EASYTOM L, sus dos enfriadoras, el tomógrafo ZEISS y el equipo de climatización.

3.3.13.6 Verificación funcional de circuitos

Se comprobará el funcionamiento individual de cada circuito desde su protección correspondiente en el subcuadro hasta el receptor final.

La verificación incluirá el encendido y apagado de los circuitos de alumbrado, la comprobación de tensión en tomas de corriente, la identificación de tomas alimentadas desde servicios generales y desde SAI, y la comprobación de disponibilidad de alimentación en los puntos específicos destinados a los equipos de rayos X, las enfriadoras y la climatización.

Cada circuito se maniobrará de forma independiente para confirmar que la protección rotulada corresponde realmente al servicio alimentado y que la desconexión de un circuito no afecta a otros servicios no asociados.

3.3.13.7 Comprobación de rotulación e identificación

Antes de la entrega se revisará la rotulación del subcuadro eléctrico, de las protecciones, bornes, circuitos, tomas específicas y puntos de conexión.

La identificación deberá ser clara, permanente y coherente con la distribución real de la instalación. Deberá permitir reconocer de forma inmediata el servicio alimentado, el origen de la alimentación y la protección asociada.

Se comprobará especialmente la diferenciación entre circuitos procedentes del grupo electrógeno y circuitos alimentados desde SAI, así como la identificación individual de las líneas destinadas a equipos técnicos, enfriadoras y climatización.

3.3.13.8 Puesta en servicio

Tras superar las comprobaciones anteriores, se procederá a la puesta en servicio de la instalación eléctrica de la sala.

La energización se realizará de forma progresiva, comenzando por las alimentaciones principales al subcuadro y continuando con los circuitos interiores de forma individualizada. Se comprobará la estabilidad de las tensiones, la correcta actuación de las protecciones y la ausencia de calentamientos, ruidos anómalos, disparos intempivos o defectos de aislamiento.

Una vez verificada la instalación, quedará preparada para la conexión y funcionamiento de los equipos técnicos previstos en la nueva sala, incluido el tomógrafo EASYTOM L y sus dos enfriadoras, así como para el uso ordinario de tomas de corriente, puestos de trabajo, alumbrado, climatización y servicios auxiliares.

3.3.14 Conclusión

La instalación eléctrica prevista para la nueva sala de rayos X permite dotar a la dependencia de una infraestructura de baja tensión segura, ordenada y adecuada al uso técnico previsto, garantizando la alimentación de los equipos de difracción y tomografía, del tomógrafo EASYTOM L y sus dos enfriadoras, de la climatización de la sala y de los servicios auxiliares necesarios para su funcionamiento.

La solución adoptada se basa en la instalación de un subcuadro eléctrico propio con dos alimentaciones diferenciadas, una procedente del cuadro general asociado al grupo electrógeno y otra procedente del sistema SAI. Desde dicho subcuadro se distribuyen de forma independiente los circuitos de fuerza, tomas de corriente, alumbrado, climatización, puestos de trabajo, equipos específicos de rayos X, enfriadoras y servicios respaldados por SAI.

Los materiales previstos, incluyendo conductores libres de halógenos, canalizaciones adecuadas, protecciones magnetotérmicas y diferenciales, tomas de corriente, luminarias, bornes, embarrados y elementos auxiliares, son apropiados para una instalación interior de baja tensión en un entorno técnico y de laboratorio.

Las líneas de alimentación y los circuitos interiores se ejecutarán con secciones adecuadas a las potencias previstas, a la intensidad admisible de los conductores, a la caída de tensión y a las protecciones asociadas. Los equipos técnicos dispondrán de alimentaciones independientes, correctamente protegidas e identificadas, prestando especial atención a la continuidad del conductor de protección, a la puesta a tierra y al uso de conductores apantallados en los circuitos definidos en proyecto.

La instalación quedará conectada a la red de puesta a tierra existente del edificio, garantizando la equipotencialidad de las masas metálicas, envolventes, canalizaciones que lo requieran y equipos alimentados desde el subcuadro. Asimismo, las protecciones diferenciales previstas permitirán la desconexión automática ante defectos de aislamiento, contribuyendo a la seguridad de las personas y de los equipos.

Una vez ejecutados los trabajos, se realizarán las comprobaciones finales de continuidad de tierra, aislamiento, polaridad, tensiones, actuación de diferenciales, funcionamiento de

circuitos e identificación del subcuadro, dejando la instalación preparada para su puesta en servicio.

En consecuencia, la actuación descrita permite disponer de una instalación eléctrica adecuada para la nueva sala de rayos X, con una potencia instalada total de 61.000 W, compatible con el tomógrafo EASYTOM L, sus dos enfriadoras, el resto de equipos técnicos y la nueva alimentación de climatización, correctamente sectorizada, protegida e identificada y ejecutada con criterios propios de una instalación de baja tensión en un entorno técnico de laboratorio.

ANEJO DE CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos \varphi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen} \varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos \varphi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos \varphi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen} \varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos \varphi) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

$\cos \varphi$ = Coseno de fi. Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmios} \times \text{mm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmios} \times \text{mm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.003929$$

$$Al = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

$T_{\max}$ = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

Barras Blindadas = 85°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:
- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos \varnothing = P / \sqrt{(P^2 + Q^2)}.$$

$$\tan \varnothing = Q / P.$$

$$Q_c = P_x (\tan \varnothing_1 - \tan \varnothing_2).$$

$$C = Q_c x 1000 / U^2 x \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c x 1000 / 3 x U^2 x \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

∅₁ = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

∅₂ = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$$\omega = 2 \pi f; f = 50 \text{ Hz.}$$

C = Capacidad condensadores (F); $cx1000000(\mu F)$.

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{k3} = ct U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k2} = ct U / 2 (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k1} = ct U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L + (Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

R_t: R₁ + R₂ + ... + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t: X₁ + X₂ + ... + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Siendo:

I_{k3}: Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

I_{k2}: Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

I_{k1}: Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct: Coeficiente de tensión. (Condiciones generales de cc según I_{kmax} o I_{kmin}), UNE_EN 60909.

U: Tensión F-F.

Z_Q: Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. S_{cc} (MVA) Potencia cc AT.

$$ZQ = ct U^2 / Scc$$

$$XQ = 0.995 ZQ$$

$$RQ = 0.1 XQ$$

$$UNE_EN 60909$$

ZT: Impedancia de cc del Transformador. Sn (KVA) Potencia nominal Trafo, ucc% e urcc% Tensiones cc Trafo.

$$ZT = (ucc\%/100) (U^2 / Sn)$$

$$RT = (urcc\%/100) (U^2 / Sn)$$

$$XT = (ZT^2 - RT^2)^{1/2}$$

ZL,ZN,ZPE: Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = \rho L / S \cdot n$$

$$X = Xu \cdot L / n$$

R: Resistencia de la línea.

X: Reactancia de la línea.

L: Longitud de la línea en m.

ρ : Resistividad conductor, (Ikmax se evalúa a 20°C, Ikmin a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S: Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

* Curvas válidas.(Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B

IMAG = 5 In

CURVA C

IMAG = 10 In

CURVA D

IMAG = 20 In

Fórmulas Embarrados

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = Ipcc^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot Wy \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

Ipcc: Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

Wy: Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = Kc \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{tcc})$$

Siendo,

Ipcc: Intensidad permanente de c.c. (kA)

Icccs: Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Fórmulas Lmáx

$$L_{máx} = 0.8 \cdot U \cdot S \cdot k1 / (1.5 \cdot \rho_{20} \cdot (1+m) \cdot la \cdot k2)$$

Lmáx = Longitud máxima (m), para protección de personas por corte de la alimentación con dispositivos de corriente máxima.

U = Tensión (V), Uff/ $\sqrt{3}$ en sistemas TN e IT con neutro distribuido, Uff en IT con neutro NO distribuido.

S: Sección (mm²), Sfase en sistemas TN e IT con neutro NO distribuido, Sneutro en sistemas IT con neutro distribuido.

k1 = Coeficiente por efecto inductivo en las líneas, 1 S<120mm², 0.9 S=120mm², 0.85 S=150mm², 0.8 S=185mm², 0.75 S>=240mm².

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$m = S_{fase}/S_{neutro}$ sistema TN_C, $S_{fase}/S_{protección}$ sistema TN_S, $S_{neutro}/S_{protección}$ sistema IT neutro distribuido, $S_{fase}/S_{protección}$ sistema IT neutro NO distribuido.

I_a : Fusibles, I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5sg.

Interruptores automáticos, I_{mag} (A):

CURVA B $I_{MAG} = 5 I_n$
CURVA C $I_{MAG} = 10 I_n$
CURVA D $I_{MAG} = 20 I_n$

$k_2 = 1$ sistemas TN, 2 sistemas IT.

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

P : Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L : Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L : Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L_c : Longitud total del conductor (m)

L_p : Longitud total de las picas (m)

P : Perímetro de las placas (m)

DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCION TT

- Potencia total instalada:

SUB. RAYOS X	18170 W
SAI RAYOS X	42830 W
TOTAL....	61000 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 390

- Potencia Instalada Fuerza (W): 60610

- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 0.8: 64846.08

- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 1: 81057.59

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 13600
- Potencia Fase S (W): 14952
- Potencia Fase T (W): 12908

Cálculo de la Línea: SUB. RAYOS X

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Canál.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 90 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 18170 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
18170 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=18170/1,732 \times 400 \times 0.8=32.78 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 54 A. según ITC-BT-19

Dimensiones canal: 110x60 mm (Canal compartida: CANAL1). Sección útil: 4780 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 58.43

$$e(\text{parcial})=90 \times 18170 / 50.39 \times 400 \times 10=8.11 \text{ V.}=2.03 \%$$

$$e(\text{total})=2.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

SUBCUADRO

SUB. RAYOS X

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

P.T. 1, 2	1500 W
P.T. 3 4	1500 W
P.T. 5 6	1500 W
P.T. 7 8	1500 W
P.T. 9 10	1500 W
P.T. 11 12	1500 W
P.T. 13 14	1500 W
P.T. 15 16	1500 W
P.T. 17 18	1500 W
P.T. 19 20	1500 W
AL. 1	182 W
AL. 2	208 W
CLIMATIZACIÓN SALA	2780 W
TOTAL....	18170 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 390

- Potencia Instalada Fuerza (W): 17780

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 6000

- Potencia Fase S (W): 7462

- Potencia Fase T (W): 4708

Cálculo de la Línea: P.T. 1, 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 3 4

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 5 6

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 7 8

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 9 10

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 11 12

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 43.16
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V} = 0.63 \%$
 $e(\text{total}) = 2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 13 14

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I = 1500 / 230.94 \times 1 = 6.5 \text{ A}$.
Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.
Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 43.16
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V} = 0.63 \%$
 $e(\text{total}) = 2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 15 16

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I = 1500 / 230.94 \times 1 = 6.5 \text{ A}$.
Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.
Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 43.16
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V} = 0.63 \%$
 $e(\text{total}) = 2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 17 18

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 19 20

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: Agrup. 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 390 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
390 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=390/1,732 \times 400 \times 1=0.56 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 14.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.05

$e(\text{parcial})=0.3 \times 390 / 53.77 \times 400 \times 1.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$
 $e(\text{total})=2.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial:
Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: AL. 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 182 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
182 W.

$I=182/230.94 \times 1=0.79 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.
Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 14.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.09
 $e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 182 / 53.76 \times 230.94 \times 1.5 = 0.29 \text{ V.} = 0.13 \%$
 $e(\text{total})=2.18\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: AL. 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 208 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
208 W.

$I=208/230.94 \times 1=0.9 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.
Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 14.5 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40.12
 $e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 208 / 53.75 \times 230.94 \times 1.5 = 0.34 \text{ V.} = 0.15 \%$
 $e(\text{total})=2.2\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: CLIMATIZACIÓN SALA

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 50 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2780 W.
- Potencia de cálculo: 2780 W.

$I=2780/230.94 \times 1=12.04 \text{ A.}$

Se eligen conductores Bipolares 2x6+TTx6mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 57 A. según ITC-BT-19
Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: BANDP1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 42.23
 $e(\text{parcial})=2 \times 50 \times 2780 / 53.34 \times 230.94 \times 6 = 3.76 \text{ V.} = 1.63 \%$
 $e(\text{total})=3.68\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 25 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: SAI RAYOS X

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Canál.Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 90 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 42830 W.
- Potencia de cálculo:
42830 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=42830/1,732 \times 400 \times 1=61.82 \text{ A.}$
Se eligen conductores Tetrapolares 4x25+TTx16mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.
Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 91 A. según ITC-BT-19
Dimensiones canal: 110x60 mm (Canal compartida: CANAL1). Sección útil: 4780 mm².

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 63.08
 $e(\text{parcial})=90 \times 42830 / 49.61 \times 400 \times 25 = 7.77 \text{ V.} = 1.94 \%$
 $e(\text{total})=1.97\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección Térmica en Principio de Línea
I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.
Protección Térmica en Final de Línea
I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

SUBCUADRO SAI RAYOS X

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

P.T. 1 2 SAI	1500 W
P.T. 3 4 SAI	1500 W
P.T. 5 6 SAI	1500 W
P.T. 7 8 SAI	1500 W
P.T. 9 10 SAI	1500 W
P.T. 11 12SAI	1500 W
P.T. 13 14 SAI	1500 W
P.T. 15 16 SAI	1500 W
P.T. 17 18 SAI	1500 W
P.T. 19 20 SAI	1500 W
DIF. PANALYTICAL	5700 W
DIF. SAXS-WAXS	13840 W
TOM. EASYTOM L	2000 W
ENFR. 1 EASYTOM L	1100 W
ENFR. 2 EASYTOM L	1100 W
TOM. ZEISS	2990 W
ENFR. PANALYTICAL	1100 W
TOTAL....	42830 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 42830

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 7600
- Potencia Fase S (W): 7490
- Potencia Fase T (W): 8200

Cálculo de la Línea: P.T. 1 2 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 3 4 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 5 6 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 43.16

$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500/53.16 \times 230.94 \times 2.5=1.47 \text{ V.}=0.63 \%$

$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 7 8 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 43.16

$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500/53.16 \times 230.94 \times 2.5=1.47 \text{ V.}=0.63 \%$

$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 9 10 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 43.16

$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500/53.16 \times 230.94 \times 2.5=1.47 \text{ V.}=0.63 \%$

$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 11 12SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 13 14 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V.} = 0.63 \%$$

$$e(\text{total})=2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 15 16 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V} = 0.63 \%$

$e(\text{total}) = 2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 17 18 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I = 1500 / 230.94 \times 1 = 6.5 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V} = 0.63 \%$

$e(\text{total}) = 2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: P.T. 19 20 SAI

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I = 1500 / 230.94 \times 1 = 6.5 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -.

Desig. UNE: H07Z1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16

$e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 1.47 \text{ V} = 0.63 \%$

$e(\text{total}) = 2.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A.

Cálculo de la Línea: DIF. PANALYTICAL

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 5700 W.
- Potencia de cálculo: 5700 W.

$$I=5700/1,732 \times 400 \times 1=8.23 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 3x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -, Apantallado. Desig. UNE: RZ1KZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 39 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.23

$$e(\text{parcial})=15 \times 5700 / 53.34 \times 400 \times 6=0.67 \text{ V.}=0.17 \%$$

$$e(\text{total})=2.14\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Cálculo de la Línea: DIF. SAXS-WAXS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 13840 W.
- Potencia de cálculo: 13840 W.

$$I=13840/1,732 \times 400 \times 1=19.98 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -, Apantallado. Desig. UNE: RZ1KZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 39 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.12

$$e(\text{parcial})=10 \times 13840 / 51.32 \times 400 \times 6=1.12 \text{ V.}=0.28 \%$$

$$e(\text{total})=2.25\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Cálculo de la Línea: TOM. EASYTOM L

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2000 W.
- Potencia de cálculo: 2000 W.

$$I=2000/230.94 \times 1=8.66 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -, Apantallado. Desig. UNE: RZ1KZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.51

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 2000 / 52.53 \times 230.94 \times 2.5=1.98 \text{ V.}=0.86 \%$$

$$e(\text{total})=2.82\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Cálculo de la Línea: ENFR. 1 EASYTOM L

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: E-Mult.Aire Dist.Pared $\geq 0,3D$
- Longitud: 50 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1100 W.
- Potencia de cálculo: 1100 W.

$$I=1100/230.94 \times 1=4.76 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: BANDP1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.11

$$e(\text{parcial})=2 \times 50 \times 1100 / 53.56 \times 230.94 \times 2.5 = 3.56 \text{ V.} = 1.54 \%$$

$$e(\text{total})=3.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Cálculo de la Línea: ENFR. 2 EASYTOM L

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: E-Mult.Aire Dist.Pared $\geq 0,3D$
- Longitud: 50 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1100 W.
- Potencia de cálculo: 1100 W.

$$I=1100/230.94 \times 1=4.76 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: BANDP1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.11

$$e(\text{parcial})=2 \times 50 \times 1100 / 53.56 \times 230.94 \times 2.5 = 3.56 \text{ V.} = 1.54 \%$$

$$e(\text{total})=3.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Cálculo de la Línea: TOM. ZEISS

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2990 W.
- Potencia de cálculo: 2990 W.

$$I=2990/230.94 \times 1=12.95 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -,

Apantallado. Desig. UNE: RZ1KZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 41 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 44.99
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 2990 / 52.82 \times 230.94 \times 6 = 0.82 \text{ V} = 0.35 \%$
 $e(\text{total}) = 2.32\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 25 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Cálculo de la Línea: ENFR. PANALYTICAL

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: E-Mult.Aire Dist.Pared $\geq 0,3D$
- Longitud: 50 m; Cos ϕ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1100 W.
- Potencia de cálculo: 1100 W.

$I = 1100 / 230.94 \times 1 = 4.76 \text{ A}$
Se eligen conductores Bipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K Eca
I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19
Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: BANDP1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 41.11
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 50 \times 1100 / 53.56 \times 230.94 \times 2.5 = 3.56 \text{ V} = 1.54 \%$
 $e(\text{total}) = 3.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
Protección diferencial:
Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase A "si".

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
SUB. RAYOS X	18170	90	4x10+TTx10Cu	32.78	54	2.03	2.05	110x60
SAI RAYOS X	42830	90	4x25+TTx16Cu	61.82	91	1.94	1.97	110x60

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
SUB. RAYOS X	90	4x10+TTx10Cu	11.921	15 6	1.515	368.14	40;C 40;C		
SAI RAYOS X	90	4x25+TTx16Cu	11.921	15 6	3.457	902.44	63;C 63;C		

Subcuadro SUB. RAYOS X

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
P.T. 1, 2	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 3 4	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 5 6	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 7 8	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 9 10	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 11 12	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 13 14	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 15 16	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 17 18	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20
P.T. 19 20	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.69	20

Agrup. 1	390	0.3	4x1.5Cu	0.56	14.5	0	2.05	
AL. 1	182	15	2x1.5+TTx1.5Cu	0.79	14.5	0.13	2.18	16
AL. 2	208	15	2x1.5+TTx1.5Cu	0.9	14.5	0.15	2.2	16
CLIMATIZACIÓN SALA	2780	50	2x6+TTx6Cu	12.04	57	1.63	3.68	75x60

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
P.T. 1, 2	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		R
P.T. 3, 4	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		S
P.T. 5, 6	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		T
P.T. 7, 8	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		R
P.T. 9, 10	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		S
P.T. 11, 12	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		T
P.T. 13, 14	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		R
P.T. 15, 16	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		S
P.T. 17, 18	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		T
P.T. 19, 20	15	2x2.5+TTx2.5Cu	0.769	6	0.465	239.42	16;C		R
Agrup. 1	0.3	4x1.5Cu	1.515		1.484	361.66			
AL. 1	15	2x1.5+TTx1.5Cu	0.753	6	0.364	192.33	10;C		S
AL. 2	15	2x1.5+TTx1.5Cu	0.753	6	0.364	192.33	10;C		T
CLIMATIZACIÓN SALA	50	2x6+TTx6Cu	0.769	4.5	0.403	191.99	25;C		S

Subcuadro SAI RAYOS X

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band.
P.T. 1, 2 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 3, 4 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 5, 6 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 7, 8 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 9, 10 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 11, 12 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 13, 14 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 15, 16 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 17, 18 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
P.T. 19, 20 SAI	1500	15	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.63	2.6	20
DIF. PANALYTICAL	5700	15	3x6+TTx6Cu	8.23	39	0.17	2.14	25
DIF. SAXS-WAXS	13840	10	4x6+TTx6Cu	19.98	39	0.28	2.25	25
TOM. EASYTOM L	2000	15	2x2.5+TTx2.5Cu	8.66	24	0.86	2.82	20
ENFR. 1 EASYTOM L	1100	50	2x2.5+TTx2.5Cu	4.76	32	1.54	3.51	75x60
ENFR. 2 EASYTOM L	1100	50	2x2.5+TTx2.5Cu	4.76	32	1.54	3.51	75x60
TOM. ZEISS	2990	10	2x6+TTx6Cu	12.95	41	0.35	2.32	25
ENFR. PANALYTICAL	1100	50	2x2.5+TTx2.5Cu	4.76	32	1.54	3.51	75x60

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
P.T. 1, 2 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		T
P.T. 3, 4 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		R
P.T. 5, 6 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		T
P.T. 7, 8 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		S
P.T. 9, 10 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		R
P.T. 11, 12 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		T
P.T. 13, 14 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		S
P.T. 15, 16 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		R
P.T. 17, 18 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		T
P.T. 19, 20 SAI	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	390.1	16;C		S
DIF. PANALYTICAL	15	3x6+TTx6Cu	3.457	6	2.177	927.39	25;C		
DIF. SAXS-WAXS	10	4x6+TTx6Cu	3.457	6	2.488	623.57	25;C		
TOM. EASYTOM L	15	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.722	345.28	16;C		R
ENFR. 1 EASYTOM L	50	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.296	141.19	16;C		T
ENFR. 2 EASYTOM L	50	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.296	141.19	16;C		T
TOM. ZEISS	10	2x6+TTx6Cu	1.84	6	1.289	623.57	25;C		S
ENFR. PANALYTICAL	50	2x2.5+TTx2.5Cu	1.84	6	0.296	141.19	16;C		R

3.4 INSTALACIÓN DE RED

3.4.13 Objeto de la memoria

El objeto de la presente memoria es describir los trabajos necesarios para la ejecución de la instalación de cableado de red destinada a dar servicio a la nueva sala de rayos X, adaptada a la modificación de la distribución interior y al incremento del número de puestos de trabajo previstos.

La actuación consiste en la instalación de conductores de comunicaciones desde el rack de red existente en la misma planta del edificio hasta los nuevos puntos de conexión previstos en la sala, permitiendo la integración de los equipos y puestos de trabajo asociados en la infraestructura de comunicaciones del edificio.

Como consecuencia de la nueva configuración de los puestos de trabajo, se incrementa el número de líneas de comunicaciones en determinados recorridos, de acuerdo con la distribución y trazados reflejados en el plano actualizado de instalación de red

La instalación se ejecutará mediante cableado de red de categoría adecuada para transmisión de datos, canalizado y protegido conforme a las condiciones de montaje previstas, garantizando una distribución ordenada, accesible y compatible con el uso técnico de la sala.

3.4.14 Descripción general de la instalación

La instalación prevista consiste en la ejecución del cableado de red necesario para conectar el rack de comunicaciones existente en la misma planta del edificio con los nuevos puntos de conexión ubicados en la sala de rayos X.

Desde el rack existente partirán los conductores de datos hasta la sala, discurriendo por las canalizaciones previstas, tanto por falso techo como por zonas bajo solera, según las necesidades de trazado de la instalación. La distribución se ha adaptado a la nueva configuración de los puestos de trabajo y a los puntos de conexión correspondientes a los equipos técnicos de la sala.

La instalación se realizará mediante cable rígido de cobre de 4 pares trenzados, categoría 6A, tipo U/UTP, no propagador de la llama, adecuado para redes de comunicaciones de alta velocidad. En función del tramo y de los puntos a los que se preste servicio, se dispondrán recorridos formados por uno o por cuatro cables en paralelo, conforme a lo indicado en el plano de instalación de red.

Los recorridos se ejecutarán de forma ordenada, protegida y accesible, empleando canalizaciones apropiadas, bandeja perforada y elementos de fijación que garanticen la correcta conservación del cableado y su integración con el resto de las instalaciones de la sala.

La actuación permitirá dotar a la nueva sala de rayos X de una infraestructura de comunicaciones estable, segura y compatible con el uso técnico previsto, quedando integrada en la red existente del edificio.

3.4.15 Alcance de los trabajos

El alcance de la actuación comprende la ejecución completa de la instalación de cableado de red entre el rack de comunicaciones existente y los nuevos puntos de conexión previstos en la sala de rayos X, , de acuerdo con la distribución actualizada.

Los trabajos a realizar incluyen el replanteo de los recorridos, la instalación de las canalizaciones necesarias, el tendido de los cables de red, la fijación y protección de los mismos, así como su terminación en los puntos de conexión correspondientes.

La instalación contempla el paso del cableado por las zonas habilitadas para ello, incluyendo recorridos por falso techo, canalizaciones bajo solera y bandeja perforada, según las necesidades de distribución de la sala y la conexión con la infraestructura existente.

En los recorridos principales asociados a los nuevos puestos de trabajo se prevén tendidos de cuatro cables rígidos U/UTP de categoría 6A, tanto en montaje bajo solera como en falso techo. Asimismo, se mantienen ramales individuales de un cable de categoría 6A para determinados puntos de conexión y equipos, todo ello según el plano actualizado.

Asimismo, se incluye la conexión del cableado en el rack existente, la instalación de los mecanismos o tomas de red en los puntos finales, la identificación de los conductores y la comprobación básica de continuidad y funcionamiento de la instalación antes de su puesta en servicio.

Los trabajos se ejecutarán de forma ordenada, procurando la correcta integración con el resto de instalaciones de la sala y garantizando que los nuevos puntos de red queden preparados para el uso de los equipos y servicios previstos.

3.4.16 Materiales y componentes empleados

Los materiales y componentes principales previstos para la ejecución de la instalación de red serán adecuados para una infraestructura de comunicaciones de alta velocidad, garantizando la correcta transmisión de datos entre el rack existente y los nuevos puntos de conexión de la sala de rayos X.

La instalación se realizará mediante cable rígido de cobre de 4 pares trenzados, categoría 6A, tipo U/UTP, no propagador de la llama, apto para redes de datos estructuradas y para su tendido en canalización fija. El número de cables por recorrido será el indicado en el plano de instalación de red, contemplándose tramos de uno y cuatro cables según la distribución prevista.

Para la conducción y protección del cableado se emplearán canalizaciones adecuadas al recorrido previsto, incluyendo bandeja perforada de PVC rígido, canalizaciones por falso techo y pasos bajo solera, según corresponda en cada tramo de la instalación.

En los puntos finales se instalarán las tomas o mecanismos de red necesarios para la conexión de los equipos, debidamente alojados, fijados e identificados. En el rack existente se realizarán las terminaciones correspondientes, dejando los conductores correctamente ordenados, etiquetados y preparados para su conexión a la electrónica de red existente o prevista.

Asimismo, se emplearán los elementos auxiliares necesarios para una correcta ejecución, tales como fijaciones, soportes, bridas, elementos de guiado, cajas, conectores, placas, marcos y accesorios de montaje, garantizando una instalación segura, ordenada y fácilmente mantenible.

3.4.17 Criterios de ejecución de la instalación

La instalación se ejecutará siguiendo criterios de orden, seguridad, funcionalidad y facilidad de mantenimiento, garantizando la correcta integración del cableado de red con la infraestructura existente del edificio y con las nuevas instalaciones previstas en la sala de rayos X.

El trazado del cableado se realizará por las canalizaciones habilitadas, evitando recorridos innecesarios, cruces inadecuados o zonas que puedan comprometer la protección mecánica de los conductores. En los tramos por falso techo, bandeja o bajo solera, los cables se dispondrán de forma ordenada, correctamente guiados y fijados, respetando las condiciones de tendido propias del cableado de comunicaciones.

En los recorridos en los que se instalen cuatro cables en paralelo, éstos se dispondrán conjuntamente y de forma ordenada, evitando tensiones, aplastamientos o deformaciones que puedan perjudicar sus prestaciones.

Durante la ejecución se evitarán esfuerzos de tracción excesivos, aplastamientos, torsiones o radios de curvatura inadecuados que puedan afectar a las prestaciones del cable. Asimismo, se procurará mantener una separación adecuada respecto a otras instalaciones que puedan generar interferencias, especialmente líneas eléctricas de potencia, siempre que las condiciones de trazado lo permitan.

Los puntos de conexión se instalarán en ubicaciones accesibles y adecuadas para el uso previsto de los equipos de la sala. Las terminaciones se realizarán de forma correcta, ordenada e identificada, tanto en los puntos finales como en el rack existente, facilitando su posterior mantenimiento, comprobación o ampliación.

Todos los conductores, tomas y terminaciones quedarán debidamente identificados, permitiendo reconocer de forma clara la correspondencia entre el rack de comunicaciones y

los puntos de red instalados en la sala. La instalación se entregará limpia, ordenada y preparada para su comprobación y puesta en servicio.

3.4.18 Comprobaciones finales y puesta en servicio

Una vez finalizada la instalación del cableado de red, se realizarán las comprobaciones necesarias para verificar que los trabajos han sido ejecutados correctamente y que los nuevos puntos de conexión quedan preparados para su uso.

Las comprobaciones finales incluirán la revisión visual del trazado, la correcta fijación y protección de los conductores, el estado de las canalizaciones, la adecuada terminación de los cables en las tomas de red y en el rack existente, así como la identificación de cada línea instalada.

Se comprobará la continuidad de los conductores, la correcta correspondencia de pares, la ausencia de cruces o defectos de conexionado y la correcta asignación entre cada toma de red y su punto de terminación en el rack. Se verificará igualmente que la totalidad de los puntos correspondientes a la nueva distribución de puestos de trabajo se encuentren correctamente instalados y conectados.

En caso necesario, se realizarán pruebas de certificación o verificación del enlace para comprobar que el cableado cumple con las prestaciones previstas para la categoría instalada.

Asimismo, se verificará el funcionamiento básico de los puntos de red mediante conexión a la infraestructura existente, comprobando la disponibilidad de comunicación y la correcta integración de los nuevos enlaces con la red del edificio.

Finalizadas las pruebas, la instalación quedará ordenada, identificada y preparada para la conexión de los equipos de la nueva sala de rayos X, dejando los puntos de red en condiciones adecuadas para su puesta en servicio.

3.4.19 Conclusión

La instalación de cableado de red prevista permitirá dotar a la nueva sala de rayos X de los puntos de comunicación necesarios para la conexión de los equipos técnicos, puestos de trabajo y servicios asociados, integrándolos en la infraestructura de comunicaciones existente del edificio.

La presente revisión adapta la instalación a la modificación del número de puestos de trabajo, incrementando el número de líneas de comunicaciones en los recorridos afectados.

Determinados tramos se ejecutarán mediante cuatro cables rígidos U/UTP de cobre, categoría 6A, tanto en montaje bajo solera como por falso techo, manteniéndose igualmente los ramales individuales previstos para determinados puntos de conexión.

La actuación se completa mediante la utilización de bandeja perforada de PVC rígido de 60 x 110 mm y las restantes canalizaciones previstas, garantizando la adecuada protección, ordenación y accesibilidad del cableado.

Con la ejecución de estos trabajos, la sala quedará preparada para disponer de una conexión de red estable y funcional, compatible con el uso técnico previsto y con las necesidades de comunicación de los equipos instalados.

Madrid, a 15 de septiembre 2026

ECHEVARRIA
PEREZ JUAN
MANUEL -
05384080X

Firmado digitalmente por
ECHEVARRIA PEREZ JUAN
MANUEL - 05384080X
Fecha: 2026.09.16 16:47:27
+02'00'

Juan Manuel Echevarría Pérez

Arquitecto