

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPOS DE PRUEBA DE COMPRESORES Y MOTOCOMPRESORES DE AIRE FERROVIARIOS Y VÁLVULAS NEUMÁTICAS EN LAS INSTALACIONES DEL TALLER INTEGRAL DE REPARACIONES (TIR) DE METRO DE MADRID S.A.

CODIGO: 22, 23 y 24



División de Material Móvil
Área de Mantenimiento de Material Móvil
Servicio de Mantenimiento de Talleres Centrales

ÍNDICE

1	OBJETO	2
2	ALCANCE.....	2
3	CONDICIONES DE SERVICIO.....	4
4	LÍMITES DE SUMINISTRO.....	5
5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	6
5.1	COMPONENTES A MANTENER.....	7
5.1.1	Compresores y motocompresores	7
5.1.2	Válvulas de seguridad y válvulas de aspiración e impulsión	8
5.2	PRUEBAS A REALIZAR.....	9
5.2.1	Compresores y motocompresores principales.....	10
5.2.2	Compresores y motocompresores auxiliares	12
5.2.3	Válvulas de seguridad y de aspiración e impulsión	14
5.3	CARACTERÍSTICAS GENERALES	17
5.3.1	Requisitos principales.....	17
5.3.2	Útil de sujeción	23
5.3.3	Mantenimiento y calibración	24
5.3.4	Control de ruido	25
5.3.5	Iluminación	26
5.3.6	Pintura	26
5.3.7	Identificaciones	26
5.3.8	Placa de características	27
5.3.9	Otros requisitos	27
5.4	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	27
5.4.1	Cabina insonorizada	27
5.4.2	Mantenimiento automático	31
5.4.3	Sistema informático e integración con servidor.....	32
5.4.4	Requerimientos de seguridad	44
6	ENSAYOS Y PRUEBAS.....	45
6.1	PRUEBAS EN FÁBRICA (FAT).....	45
6.2	PRUEBAS EN PLANTA (COMMISSIONING y SAT).....	46
7	FORMACIÓN	46
8	DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN	46
9	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	49
10	REPUESTOS.....	52
11	GARANTÍA.....	52
ANEXO I - LÍNEA BASE DE LA CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE METRO DE MADRID (v1.12).....		53

1 OBJETO

El objeto del presente Pliego es definir los requisitos y características técnicas mínimas para la **contratación del diseño, fabricación, pruebas, preparación para transporte, transporte, montaje, instalación, puesta en servicio a plena satisfacción y pruebas finales de recepción de:**

- Un (1) equipo de prueba de compresores y motocompresores de aire ferroviarios, compuesto por:
 - Un (1) banco de prueba de compresores y motocompresores ferroviarios principales.
 - Un (1) banco de prueba de compresores y motocompresores auxiliares ferroviarios.
 - Una (1) cabina insonorizada para las pruebas de compresores y motocompresores principales y auxiliares.
 - Dos (2) carros para el transporte y prueba de componentes, uno para motocompresores auxiliares y otro para compresores areneros auxiliares.
- Un (1) equipo de prueba de válvulas neumáticas, compuesto por:
 - Un (1) banco de pruebas de válvulas de seguridad y válvulas de aspiración e impulsión de compresores.

Los equipos deberán instalarse en el Taller Integral de Reparaciones (en adelante T.I.R.) de Metro de Madrid, S.A. (en adelante METRO). Deberán diseñarse para ensayar los distintos tipos de motocompresores y compresores, así como las válvulas de compresores y de seguridad de las distintas series del Material Móvil de la red de METRO.

2 ALCANCE

El contrato debe ser “llave en mano” y su alcance deberá contemplar:

- El diseño, fabricación, pruebas (FAT), preparación para transporte, transporte, descarga, suministro, montaje, instalación, puesta en servicio, pruebas finales de recepción (commissioning y SAT), formación y todas las demás actuaciones necesarias para la completa implantación de un (1) equipo de pruebas de compresores y motocompresores de aire ferroviarios y un (1) equipo de prueba de válvulas neumáticas, incluyendo las actuaciones que se indican en el apartado 4 LÍMITES DE SUMINISTRO del presente PPT.

- Diseño, fabricación y suministro del utillaje necesario para posicionar, asegurar y probar los diversos compresores, motocompresores y las válvulas neumáticas en los bancos de prueba. Dichos utillajes deberán disponer de número de identificación grabado.
- Diseño, fabricación y suministro de una cabina insonorizada necesaria para las pruebas de los compresores y motocompresores.
- El diseño, desarrollo y suministro del software descrito en el apartado 5.4.3 Sistema informático e integración con servidor, así como su completa integración e implantación en el equipo de pruebas, en su plataforma hardware y en los sistemas informáticos de METRO.
- El suministro de un juego de repuestos para el mantenimiento correctivo y preventivo de cualquier componente de los equipos de pruebas, incluidos los necesarios para el mantenimiento de la cabina. Los repuestos serán para un periodo de cinco (5) años. Los repuestos deberán incluir una (1) unidad de Autómata por equipo con el programa cargado (más accesorios) en caso de optar por una solución basada en Autómata programable, tal y como se especifica en el apartado 5.4.3 Interfaz de E/S.
- El suministro de un juego de cualquier utillaje o herramienta especial, en caso de existir, necesario para el montaje, desmontaje, mantenimiento, revisiones, reparaciones y calibración de cualquiera de los equipos o componentes de su suministro
- El suministro de los elementos y/o patrones de calibrado especiales, si es que esta operación fuera necesaria, incluyendo para dichos elementos y/o patrones de su correspondiente certificado de calibración según requerimientos de la norma **UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración o equivalente**. Dichos elementos y/o patrones de calibrado especiales deberán disponer de número de serie.
- Disposición de los medios materiales y humanos necesarios para todas las operaciones de transporte y desgarga necesarias, desde y con destino, a las dependencias de Metro de Madrid.
- Todo suministro (equipo, accesorios, útiles, herramientas especiales...), instalación y puesta en servicio relativo a las medidas de prevención, protección, advertencias y cuantas disposiciones adicionales se requieran para asegurar los requisitos esenciales de seguridad y salud de las máquinas marcados por el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, del Ministerio de la Presidencia por el que se establecen las normas para la

comercialización y puesta en servicio de las máquinas (Certificación de conformidad CE según directiva de Máquina 2006/42/CE) **o equivalente**.

- Los equipos de pruebas al completo deberán cumplir con todas las normativas del apartado 8, en el que se incluye también la certificación en cuanto al Anexo I y II del RD1215/1997. El CONTRATISTA deberá entregar todos los certificados de cumplimiento de las normativas especificadas. El contratista deberá justificar la aplicación de las normativas. En caso de que se detecte un incumplimiento de algún punto de las normativas aplicables, el CONTRATISTA deberá modificar los equipos para que cumplan dicha normativa.
- Documentación. A título enunciativo, pero no limitativo: planos, informes, programas, códigos fuente y software, manuales, libros de instrucciones de uso y de mantenimiento (incluyendo procedimientos de calibración), procedimientos, protocolos, herramientas especiales y demás documentación especificada en el apartado 9 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA. Toda la documentación que se entregue deberá estar en castellano, incluida la información de las placas de características, etiquetas, esquemas, planos, manuales, catálogo de repuestos, documentos para la formación, etc.
- Todas otras actuaciones no mencionadas anteriormente que sean necesarias para la explotación y mantenimiento de los equipos por parte del personal del SMTC.

3 CONDICIONES DE SERVICIO

El equipamiento deberá estar dimensionado para las condiciones de servicio en las que funcionará:

- Situación: Nave del T.I.R. del recinto de Canillejas.
- Condiciones ambientales: Los márgenes de temperatura ambiente entre los que podrá trabajar la máquina serán entre 0º y +50ºC. La humedad relativa (H.R.) será del 40 % ± 10% de H.R. Los equipos suministrados operarán en el interior de la nave del T.I.R.
- Suministro eléctrico disponible: Suministro trifásico (Fase-fase) 400 V – 50 Hz y monofásico (fase-neutro) 240 V – 50 Hz. Neutro y toma de tierra.
- Suministro neumático disponible: Instalación general del T.I.R. entre 10 y 11,5 bar.
- Toma de red LAN.

4 LÍMITES DE SUMINISTRO

Los equipos se instalarán en las dependencias del T.I.R. de METRO, situado en la calle Néctar, 44 de Madrid.

A disposición del CONTRATISTA se situarán, en puntos cercanos a la ubicación de los equipos, a no más de 15 metros, las tomas para la acometida eléctrica, neumática, hidráulica, de red necesarias para su funcionamiento. METRO también realizará, la obra civil en la pared o el techo de la nave para la extracción del aire de la ventilación forzada de la cabina.

Serán competencia del CONTRATISTA y entrarán dentro del alcance del Contrato:

- Todas las instalaciones y actuaciones complementarias que se necesiten desde los puntos de suministro a los equipos (bornes de conexión en cuadros eléctricos, conexión a la red neumática del T.I.R., conexión a la red hidráulica, bandejas de rejilla tipo Rejiband con todos los soportes y accesorios necesarios, etc.), incluyendo mangueras, cableados y protecciones eléctricas de cabecera en el cuadro de fuerza y locales en los propios equipos de pruebas.
- Las protecciones deberán ser superinmunizadas.
- Si bajo requerimiento de Metro, la conexión de los equipos se realizará finalmente en la blindobarra existente (3P+N+T), será responsabilidad del contratista el suministro e instalación de la caja de conexiones a ésta donde irán alojadas las correspondientes protecciones.
- Tuberías de canalizaciones de cableado necesarias de plástico, auto-extinguible, no emisor de gases tóxicos y libre de halógenos, con p.p. de elementos de suportación y de conexión.
- Respecto al conexionado de los equipos al sistema neumático del T.I.R. de METRO, se deberá realizar con las protecciones y filtros necesarios que garanticen la seguridad y condiciones de funcionamiento de los equipos de pruebas y de los componentes a ensayar.
- Todos los anclajes necesarios para la fijación e instalación de los equipos.
- La instalación de los conductos para la extracción de aire al exterior, desde la cabina hasta el exterior de la nave del TIR del recinto de Canillejas, así como, todos los elementos que intervengan en la extracción del aire o sistema de ventilación forzada, como silenciadores, filtros, ventiladores, etc.

- La provisión del transporte de cualquier material, pieza, conjunto o componente, desde el T.I.R. hasta sus instalaciones, y a la inversa, en caso de que el CONTRATISTA lo requiriese.
- Cualquier elemento o puntos para el izado necesarios para la descarga, transporte y manipulación de los bancos y la cabina dentro del taller. El contratista deberá incluir entre la documentación a entregar, el manual de izado y transporte.
- Cualquier otra actuación complementaria, que sea necesaria para el funcionamiento de las máquinas.

METRO pone a disposición de los oferentes el poder realizar una visita a las instalaciones del T.I.R. de Canillejas para analizar la situación y ubicación prevista de los equipos.

5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Los equipos de pruebas deberán diseñarse para realizar, **de manera semi-automatizada**, los trabajos de verificación funcional que aseguren el correcto funcionamiento de los compresores y motocompresores principales, los compresores y motocompresores auxiliares, y las válvulas neumáticas de seguridad y aspiración/impulsión, como parte de las tareas de revisión y mantenimiento preventivo y/o correctivo realizado sobre ellos.

Deben diseñarse y fabricarse dos (2) equipos de pruebas:

- Un (1) equipo completo para pruebas de compresores y motocompresores principales y auxiliares, controlado por un único panel de control, por lo que solo será posible realizar una prueba al mismo tiempo. Los bancos de pruebas que componen este equipo se situarán en el interior de una cabina insonorizada que proteja del ruido y posibles proyecciones y extraiga el aire al exterior de la nave.
- Un (1) equipo completo para pruebas de válvulas de aspiración e impulsión y válvulas de seguridad. Este equipo tendrá su propio panel de control y su propia cubierta insonorizada en la zona de pruebas de válvulas. De forma temporal y hasta que se comiencen a mantener muchos más compresores, motocompresores y válvulas, se colocará en el interior de la cabina insonorizada, por lo que la cabina deberá suministrarse con los puntos de suministro que el equipo de pruebas de válvulas requiera. Cuando el mantenimiento de componentes aumente, se podrá situar el equipo

al completo en otra ubicación de la sección de electromecánica del taller con los mismos puntos de suministro.

Ambos equipos realizarán trabajos de verificación funcional estructurados como pruebas convenientemente parametrizadas para cada tipo de compresor o motocompresor y para las válvulas neumáticas. Estas pruebas se encontrarán previamente definidas y alojadas en una base de datos (en adelante BBDD), debiendo ser importadas por la aplicación local de control cada equipo de pruebas.

La aplicación local de control deberá ir registrando los resultados de los ensayos para almacenarlos posteriormente en la BBDD, a fin de mantener el histórico y trazabilidad de las pruebas realizadas (por matrícula, número de serie, tipo, etc. de cada componente) y la emisión de informes de prueba.

La cabina deberá diseñarse para insonorizar el ruido producido durante las pruebas de los compresores y motocompresores, así como servir de espacio para las pruebas de válvulas neumáticas. Además, deberá contar con las instalaciones necesarias para acceder con los componentes a ensayar, ventilar el espacio y asegurar el cumplimiento de la normativa que le sea de aplicación.

5.1 COMPONENTES A MANTENER

5.1.1 Compresores y motocompresores

El banco de pruebas de compresores y motocompresores principales deberá diseñarse para probar los siguientes tipos de motocompresores y compresores principales actualmente disponibles en Metro de Madrid:

Tabla 1. Grupo motor-compresor y compresores principales a mantener en el banco de pruebas.

Matrícula Metro	Modelo fabricante	Fabricante	Descripción
83101	VV 160 / 200-1	KNORR	A1 COMPRESOR (CONJUNTO)
188902	VV 160 / 200-1	KNORR	GRUPO MOTOR-COMPRESOR
Z20026	VV 120-T Sin aceite	KNORR	COMPRESOR KNORR SIN ACEITE
C33202	CRV T6G-14	KNORR	EQUIPO DE PRODUC. &-CA82100090
72101	VV 230 / 180N-1	KNORR	COMPRESOR VV230/180 N1 CONJ.(A15)
172101	VV 230 / 180-2	KNORR	A-15 GRUPO MOTOR COMPRESOR
172101C	VV 230 / 180-2	KNORR	COMPRESOR KNORR 230-180-2
271702	VV 230 / 180-2A	KNORR	COMPRESOR VV230/180-2

Matrícula Metro	Modelo fabricante	Fabricante	Descripción
271704	VV 230 / 180-2A	KNORR	MOTOCOMPRESOR INS
283401	VV 160 / 200-1B	KNORR	GRUPO MOTOCOMP. INSON. VV160/200-1 (A15)
Z90011	CRV T6G-14	KNORR	Z90011 GRUPO GENERADOR DE AIRE
-	VV180-T	KNORR	-

El banco de pruebas de compresores y motocompresores auxiliares deberá diseñarse para probar los siguientes tipos de compresores y motocompresores auxiliares actualmente disponibles en Metro de Madrid:

Tabla 2. Compresores y motocompresores auxiliares a mantener en el banco de pruebas.

Matrícula Metro	Modelo fabricante	Fabricante	Descripción
72475	J9P	-	GRUPO MOTOR COMPRESOR J9P
72476	LP 1555	-	COMPRESOR LP-1555
270001	-	KNORR	MOTOCOMPRESOR AUXILIAR
283901	LP 1555	-	GRUPO MOTOCOMPRESOR AUX. LP-1555 (D29)
401803	-	-	COMPRESOR ARENERO METRO LIGERO(sólo compresor)
401803	-	-	MOTOR COMPRESOR ARENERO METRO LIGERO
Z90035	J9P	-	GRUPO MOTOR COMPRESOR J9P
-	-	-	MOTOCOMPRESOR AUXILIAR 3000
-	-	-	COMPRESOR AUXILIAR 3000
-	-	-	MOTOCOMPRESOR AUXILIAR 3000(2ª)
-	-	-	COMPRESOR AUXILIAR 3000(2ª)
-	-	-	MOTOCOMPRESOR AUXILIAR 8000(2ª)
-	-	-	COMPRESOR AUXILIAR 8000(2ª)
-	-	-	MOTOCOMPRESOR AUXILIAR 6000

5.1.2 Válvulas de seguridad y válvulas de aspiración e impulsión

El equipo de pruebas de válvulas de seguridad y válvulas de aspiración e impulsión deberá diseñarse para probar los siguientes tipos de válvulas de seguridad y válvulas de aspiración e impulsión actualmente disponibles en Metro de Madrid:

Tabla 3. Válvulas de seguridad y válvulas de compresores a mantener en el banco de pruebas.

Matrícula Metro	Modelo fabricante	Fabricante	Descripción
72501	DR 5101	KNORR	D28 VALVULA SEGURIDAD PANTOGRAFO SV1810
Z90006	II38273/7105	KNORR	VALVULA SEGURIDAD SV10 (A10)
	II38273/7120		
	II38273/4065		
Z90031	DR-51F	KNORR	VALVULA SEGURIDAD PANTÓGRAFO -51F

Matrícula Metro	Modelo fabricante	Fabricante	Descripción
89114	NHS-2	KNORR	VALVULA DE SEGURIDAD NHS2
172702	ISTL9248/070	KNORR	G-38 VALVULA DE SEGURIDAD EN SUSPENSIÓN BOGIE
	ISTL9248/080		
273412	II38273/7110	KNORR	VALV.SEGUR.SV10 G3/4-II38273/7110 C.9000
ZC3014	-	KNORR	VALVULA DE SEGURIDAD PANTÓGRAFO D28
83126	-	KNORR	VALVULA DE SEGURIDAD AKL
71440	-	KNORR	VALVULA ASPIRACION HOERBIGER 117049-NA
71441	-	KNORR	VALVULA DE IMPULSION HOERBIGER 117049-NA

5.2 PRUEBAS A REALIZAR

Los dos (2) bancos de prueba de compresores y motocompresores se controlarán desde un panel de control ubicado en el exterior de la cabina, mientras que el banco de prueba de válvulas neumáticas se controlará desde un panel de control integrado en el propio banco.

El panel de control exterior permitirá controlar únicamente un banco de pruebas de compresores y motocompresores a la vez, por lo que no se podrán realizar varias pruebas de forma simultánea.

Las pruebas se ejecutarán de la siguiente manera para todos los componentes:

- Se deberá poder elegir en el display del banco de pruebas la matrícula o tipo de componente a ensayar. Otra forma para introducir la matrícula deberá ser mediante la lectura de la etiqueta RFID del componente.
- El operario debe introducir de forma manual la orden de trabajo asociada a las pruebas que va a realizar.
- A través del display se podrá conocer en qué fase de la prueba se encuentra el componente. Además, se indicará al operario en qué momento puede acceder a realizar las operaciones manuales, como echar el spray buscafugas.
- Los equipos, a partir de la matrícula, seleccionarán de forma automática la plantilla asociada. Esta plantilla contendrá los datos y parámetros de los ensayos, como la presión, la duración del ensayo, etc. También se podrán introducir los parámetros de forma manual, en caso de que se necesite realizar pruebas adicionales a las establecidas en la plantilla.

- Se deberá permitir al operario fijar el componente a la bancada de forma rápida y segura. Las tomas de la bancada para conectar las mangueras para las pruebas de los componentes deben ser tomas rápidas hembra del tipo RCS 06 de la marca Staübli o equivalente.
- Todas las operaciones que impliquen que el operario trabaje total o parcialmente en la zona de ensayo como, por ejemplo, buscar fugas con el spray detector de fugas, ajustar alguna válvula, etc. deberán indicarse en el display en el momento del ensayo que deban realizarse. El operario podrá acceder a realizar estas operaciones de forma segura. También se habilitará una ventana, compuerta o similar para que el operario pueda abrirla y poder escuchar los ruidos emitidos por los compresores o motocompresores. De esta forma, se podrá detectar lo que está fallando.
- Durante la prueba se podrán visualizar en el display los parámetros que se están midiendo y los valores máximos y mínimos admisibles, así como el tiempo transcurrido y el restante para finalizar la prueba. Además, para los compresores y motocompresores se podrán visualizar las gráficas de las curvas de presiones, temperaturas, intensidades, rpm y caudales frente al tiempo. En la gráfica se deberán visualizar los parámetros máximos y mínimos admisibles de cada parámetro.
- El programa también validará si todos los valores obtenidos durante el ensayo se encuentran dentro de las tolerancias establecidas en las plantillas para ese componente. Debiendo dar la prueba como NO APTA en caso de que el valor resultante quede fuera de los valores máximos o mínimos admisibles.
- Se permitirá al operario añadir observaciones a cada una de las pruebas que realice, en caso de que lo considere oportuno.

5.2.1 Compresores y motocompresores principales

El banco de prueba de motocompresores y compresores principales deberá diseñarse para realizar las principales pruebas (o parametrizaciones) listadas a continuación sobre las referencias especificadas en el apartado 5.1 COMPONENTES A MANTENER:

- Comprobaciones iniciales automáticas:
 - Comprobar el sentido de giro del motor.

- Prueba de llenado: Comprobar el tiempo que tarda en llenarse el depósito hasta la presión correspondiente y medir la temperatura de entrada de aire. Debe mostrarse en el display la medición en tiempo real.
- Mediciones u operaciones manuales:
 - Comprobar la estanqueidad con un spray detector de fugas. El spray detector de fugas no será objeto de este suministro.
 - Se permitirá al operario abrir una ventana o puerta durante el ensayo para poder escuchar el ruido que emite el compresor o motocompresor a ensayar. De esta forma, el operario podrá saber si se producen ruidos anómalos e identificar el tipo de componente que está fallando.
- Test funcional automático: Poner en funcionamiento el motor-compresor o el compresor con el motor de la bancada durante un periodo de tiempo mientras se chequean diferentes parámetros. Se debe concluir cada parámetro con la media de los valores máximos del mismo medidos en los últimos 5 minutos de la prueba. Los parámetros que se podrán medir son los siguientes, teniendo en cuenta que no todos los parámetros se medirán para todas las referencias porque habrá parámetros que no apliquen para algunas de ellas:
 - Tiempo de prueba (min)
 - Tiempo de llenado (s)
 - Presión de llenado (bar)
 - Temperatura ambiente (°C)
 - Contra-presión (bar)
 - Caudal volumétrico de salida (L/min)
 - Presión interna (bar)
 - Temperatura interna (°C)
 - Presión salida 1ª etapa (bar)
 - Temperatura salida 1ª etapa (°C)
 - Temperatura entrada 2ª etapa (°C)
 - Temperatura salida 2ª etapa (°C)
 - Temperatura salida compresor/postenfriamiento (°C).
 - Temperatura aceite (°C)
 - Velocidad del motor (rpm)
 - Intensidad Fase 1 (A)
 - Intensidad Fase 2 (A)

- Intensidad Fase 3 (A)
- Rendimiento radiador etapa 1
- Rendimiento radiador etapa 2
- Rendimiento térmico
- Mediciones automáticas durante la prueba:
 - Para los motor-compresores con torres de secado, se deberá comprobar que las torres de secado conmutan correctamente. Además, se tendrá en cuenta que algunos parámetros se verán afectados por la conmutación de las torres de secado, por lo que esos parámetros no han de tomarse en cuenta para el resultado final de las pruebas.

Adicionalmente:

- El grupo motor-compresor se probará dentro de la cabina insonorizada montado en un carro. La bancada debe estar preparada para conexionar el grupo motor-compresor a todos los sensores, sondas, medidores y resto de elementos que intervengan en las pruebas. Los carros para las pruebas de los motocompresores no serán objeto de este suministro, **pero deberán estar incluidos en el manual de usuario y la certificación conjunta según RD 1215/1997 Anexo I y Anexo II.**
- Los compresores se deben anclar y probar en una bancada suministrada por el contratista. Esta bancada deberá contar con un motor trifásico donde conectar los compresores a probar.

5.2.2 Compresores y motocompresores auxiliares

El banco de prueba de compresores y motocompresores auxiliares deberá diseñarse para realizar las principales pruebas (o parametrizaciones) listadas a continuación sobre las referencias especificadas en el apartado 5.1 COMPONENTES A MANTENER:

- Comprobaciones iniciales automáticas. Prueba de estanqueidad sin culata:
 - Comprobar el sentido de giro del motor (a izquierdas).
 - Rodar en vacío 15 minutos comprobando que no pierde aceite entre el émbolo y el cilindro.

- Comprobar que la temperatura no alcanza los 180°C. Refrigerar si es necesario.
- Test funcional automático con culata:
 - Prueba de llenado: Comprobar el tiempo que tarda en llenarse el depósito correspondiente hasta la presión correspondiente y medir la temperatura de entrada de aire. Debe mostrarse en el display la medición en tiempo real.
 - Poner en marcha el compresor y abrir la llave D1. La llave D2 estará cerrada.
 - Dejar rodar durante 5 minutos en vacío.
 - Cerrando D1, se suministrará aire al depósito A1. Comprobar en el manómetro B1 que la presión sube a 5 kgf/cm². Desconectar el interruptor de marcha.
 - Probar hermeticidad de las válvulas con agua jabonosa. Esta operación deberá ser manual por el operario.
 - Conectar el interruptor de marcha, manteniendo la presión de 5 kgf/cm². Para ello hay que establecer una contra-presión, regulando el grifo de aislamiento D2.
 - Mantener funcionando durante 20 minutos y medir temperatura del aire en la entrada.
 - El caudal volumétrico suministrado a 1.420 rpm será de 125L/min con una contrapresión de 5 kgf/cm².

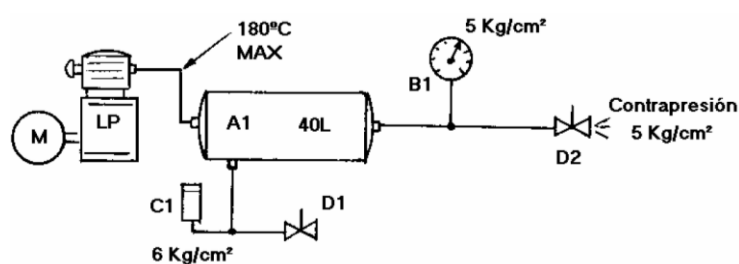


Figura 1. Esquema neumático del banco actual de pruebas de compresores auxiliares actual.

- Se debe concluir cada parámetro con la media de los valores máximos del mismo medidos en los últimos 5 minutos de la prueba. Los parámetros que se podrán medir son los siguientes:
 - Tiempo de llenado (s)
 - Presión de llenado (bar)

- Caudal volumétrico (L/min)
- Revoluciones por minuto (rpm)
- Temperatura de salida (°C)
- Contra-presión (bar)

Adicionalmente:

- El motocompresor auxiliar se probará dentro de la cabina insonorizada montado en un carro. La bancada debe estar preparada para conexionar el compresor auxiliar a todos los sensores, sondas, medidores y resto de elementos que intervengan en las pruebas. Estos carros para las pruebas de los motocompresores auxiliares deberán estar incluidos en este suministro, **y por tanto incluidos en el manual de usuario y la certificación conjunta según RD 1215/1997 Anexo I y Anexo II.**
- Los compresores auxiliares se deben anclar y probar en una bancada suministrada por el contratista. Esta bancada deberá contar con un motor trifásico donde conectar los compresores a probar.

5.2.3 Válvulas de seguridad y de aspiración e impulsión

El banco de pruebas de válvulas de seguridad y válvulas de compresores deberá diseñarse para realizar las principales pruebas (o parametrizaciones) listadas a continuación sobre las válvulas de seguridad y válvulas de aspiración e impulsión especificados en el apartado 5.1 COMPONENTES A MANTENER:

- Válvulas de seguridad:
 - Aplicar agua jabonosa a la válvula y aumentar muy lentamente la presión hasta que la misma emita un silbido débil. Como este silbido es prácticamente inapreciable, el operario indicará al banco de pruebas cuándo la válvula comienza a producir burbujas y el banco de pruebas deberá guardar el resultado.
 - De forma automática, aumentar la presión y comprobar que la válvula de seguridad se activa cuando la presión alcanza la presión de tarado de la válvula.
 - De forma automática, disminuir la presión por debajo de la presión de tarado y comprobar que la válvula se cierra.

- De forma automática, realizar una prueba de hermeticidad y comprobar que la presión no desciende durante un periodo de tiempo determinado.
- El operario aplicará agua jabonosa mediante un spray, comprobando que no existen fugas.

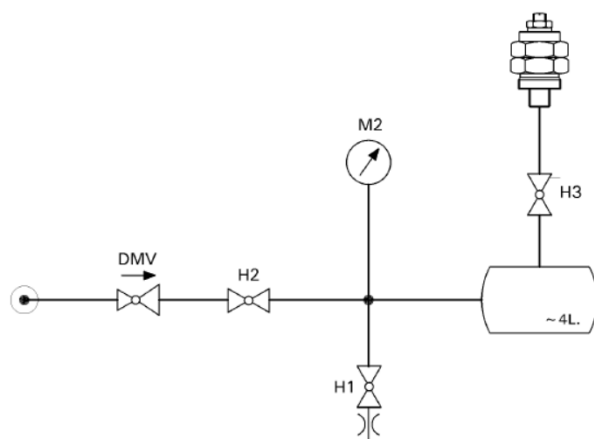


Figura 2. Esquema neumático del banco actual de prueba de válvulas de seguridad.

- Para las válvulas de seguridad AKL se seguirá el siguiente procedimiento:
 - Prueba funcionamiento:
 1. Se probarán las válvulas con una presión superior en 1 bar (como mínimo) a la prevista de regulación, esta presión superior se conseguirá regulando la válvula reductora Q2.
 2. Abriendo el grifo de aislamiento Q1 a través de la tobera de estrangulamiento se proporcionará una alimentación de paso fino (previamente se abrirá el grifo de aislamiento Q3). Se comprobará que la válvula dispara dejando escapar la sobrepresión cuando la presión leída en manómetro Q5 alcance un valor de $\pm 0,2$ bar la presión regulada.
 3. Se cerrará el grifo de aislamiento Q1 y abrirá Q el cual proporcionará una alimentación de paso grueso. Se comprobará que la válvula dispara, una vez reducida la presión en $0,250 \pm 0,1$ bar volverá a cerrar el escape; se observará que la válvula dispara y cierra automáticamente manteniéndose la presión siempre dentro de la presión regulada, tendiendo la mínima a descender $0,300$ bar.
 - Prueba hermeticidad:

1. Se probará con una presión inferior a 1 bar a la presión regulada.
Se comprobará la hermeticidad absoluta con agua de jabón.
2. Por medio del tapón (pos. 5), s/plano 16.010, se regulará la carrera de la válvula de tal manera que la máxima potencia de vaciado que indica la tabla 1 quede garantizada. Esta se obtendrá partiendo de la posición de bloqueo cono de válvula (pos. 4) con tapón de cierre (pos. 5) aflojando 3/4 de vuelta aproximadamente.
3. El operario podrá acceder en condiciones seguras a la bancada a regular alguna válvula de seguridad, en caso de que sea necesario.

Tabla 4. Potencia de vaciado de las válvulas de seguridad AKL para cada presión.

Presión regulación [bar]	1,5	2,5	3,5	3,6	4	5
Potencia vaciado [Litros/min]	570	860	940	980	1160	3000

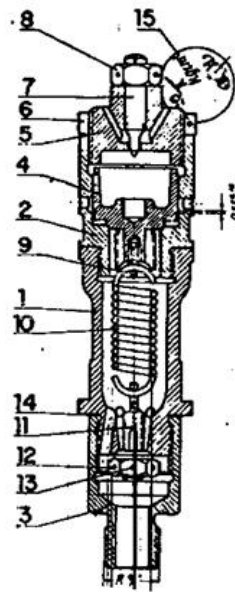


Figura 3. Válvula AKL.

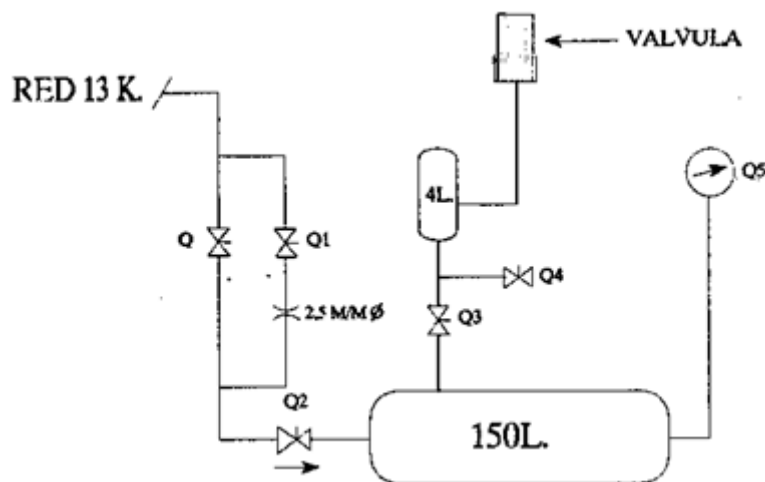


Figura 4. Esquema neumático del banco actual de pruebas de válvulas AKL.

- Válvulas de aspiración e impulsión (válvulas de compresores):
 - Se comprobará la hermeticidad de las válvulas. Se comprobará que la presión no desciende durante un tiempo determinado.

Durante las pruebas, se permitirá el acceso del operario a las válvulas durante las operaciones manuales. Este permiso de acceso se debe indicar en el display del banco de pruebas.

5.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los equipos de pruebas se utilizarán exclusivamente para comprobar el correcto funcionamiento los componentes mencionados anteriormente.

Los equipos electromecánicos se compondrán por el conjunto de elementos electromecánicos tales como sensores, actuadores, transductores, etc. así como los elementos mecánicos asociados como el bastidor mecánico principal, etc.

METRO pone a disposición de los oferentes el poder realizar una visita a las instalaciones del T.I.R. de Canillejas para analizar los componentes, bancos y útiles actuales, si fuera necesario para el análisis de la solución propuesta.

5.3.1 Requisitos principales

Los requisitos principales comunes son los siguientes:

- Solo podrá realizarse una prueba de forma simultánea en los bancos de pruebas de compresores y motocompresores principales y auxiliares, ya que las bancadas están controladas por un mismo panel de control. Cuando el equipo de pruebas de válvulas esté situado en el interior de la cabina, tampoco se podrá realizar más de una prueba de forma simultánea porque, aunque tenga su propio panel de control, la cabina estará en uso o con personal en el interior.
- Se deberá vaciar de forma automática el aire de cada depósito al finalizar el ensayo. Se deberán usar silenciadores para reducir el ruido emitido al expulsar el aire.
- Los depósitos contarán, en caso de que sea necesario, con una válvula de purga automática que extraiga el agua del fondo del depósito cuando finalice la prueba del componente. Se suministrarán todos los elementos necesarios para poder extraerla a un bidón o similar.
- Se deberán suministrar todas las mangueras neumáticas, cables eléctricos, etc. lo suficientemente largos como para llegar a los puntos de conexión de los motocompresores, compresores y válvulas a probar.
- Se deberán suministrar todos los sensores, sondas, medidores y resto de elementos para poder realizar las pruebas de forma automatizada (sin intervención del operario).
- Las tomas del equipo, tanto para los ensayos como para la calibración de todos los manómetros deberán ser tomas rápidas hembra del tipo RCS 06 de la marca Staübli o equivalente.
- Todos los parámetros intervinientes en la prueba, así como los resultados de las mismas deben poderse visualizar en tiempo real en el display de la cabina o banco de pruebas de válvulas, según aplique.
- El equipo debe diseñarse de tal forma que Metro pueda incrementar en un futuro el número y tipo de parámetros a medir. Lo que implicaría que en un futuro se necesitarán conectar y configurar nuevos útiles de medición.
- Debe ser posible la programación de nuevos parámetros que resulten de fórmulas matemáticas de los parámetros medidos y/o parámetros nominales (teóricos) de cada uno de los componentes.

- Se deberá disponer de testigos luminosos en los bancos y paneles de control para verificar el correcto funcionamiento de las pruebas.
- En caso de errores en el funcionamiento de los bancos, deberán avisarse mediante testigos luminosos y sonoros para facilitar al operario la subsanación de los mismos.
- En caso de que se detecte que los parámetros medidos por los bancos de prueba sobrepasan los límites de funcionamiento del componente o pueden llegar a dañar el equipo o poner en riesgo la seguridad de los operarios, se debe disponer de una parada automática de las pruebas con alarmas e indicadores en los paneles de control para poder localizar los orígenes.

5.3.1.1 Equipo de pruebas de compresores y motocompresores

5.3.1.1.1 BANCO DE PRUEBAS DE COMPRESORES Y MOTOCOMPRESORES PRINCIPALES

Los requerimientos principales asociados al banco de pruebas serán los siguientes:

1. Se debe considerar que los compresores se prueban montados sobre la bancada del banco de pruebas mientras que los motocompresores se prueban montados sobre un carro proporcionado por Metro.
2. La bancada debe incorporar un motor trifásico de **380V / 50 Hz** al que conectar los compresores que se prueban en bancada.
3. Los motocompresores que se prueban en carro incorporan un motor trifásico a 380V, que necesitará suministro eléctrico desde la bancada.
4. Las torres de secado de los motocompresores que las lleven incorporadas necesitarán conectarse a una fuente de alimentación de **110V**. Se deberá aportar esta alimentación desde el banco de pruebas.
5. El equipo deberá estar preparado para una presión máxima de hasta **15 bar**, para una temperatura máxima de hasta **250°C** y un caudal máximo de hasta **3000 L/min**.
6. La precisión total de medición de la presión, temperatura, caudal, rpm y la intensidad deberá ser menor o igual a 1% del valor medido.
7. Dependiendo del compresor, el sentido del giro del motor de arrastre puede ser distinto.

8. La bancada tendrá un depósito de aire de **150 litros** que el compresor y el motocompresor deberán llenar con aire durante las pruebas.
9. Se deberán instalar **caudalímetros volumétricos**.
10. La bancada dispondrá de una bandeja que recoja el aceite que pueda caer del compresor. Deberá estar preparada para extraer su contenido por gravedad a un bidón.
11. La medición de temperatura del aceite de los motocompresores principales se realiza a través de una sonda específica de medición, que debe ser proporcionada por el Contratista y conectada a la bancada.
12. Los motocompresores serán transportados hasta el banco de pruebas de compresores principales mediante un carro proporcionado por Metro.
13. Los compresores serán transportados hasta la bancada de pruebas de compresores mediante puente grúa.

5.3.1.1.2 BANCO DE PRUEBAS DE COMPRESORES Y MOTOCOMPRESORES AUXILIARES

Los requerimientos principales asociados al banco de pruebas serán los siguientes:

1. Se debe considerar que los compresores auxiliares se prueban montados sobre la bancada del banco de pruebas mientras que los motocompresores auxiliares se prueban montados sobre un carro que debe ser suministrado por el Contratista. Un segundo carro debe ser suministrado para la prueba de los compresores areneros auxiliares.
2. Para los compresores auxiliares, se suministrará una bancada que debe incorporar un motor monofásico de **220V / 50 Hz** al que conectar los compresores auxiliares.
3. Los compresores auxiliares se acoplarán al motor de la bancada mediante dos tipos de platos de acoplamiento. Ambos se deben poder acoplar de manera indiferente al motor de la bancada. Los platos de acoplamiento son proporcionados por Metro y el motor de la bancada debe ser compatible con ellos.
4. Los motocompresores auxiliares que se prueban en carro incorporan un motor trifásico a 380V, que necesitará suministro eléctrico desde la bancada.

5. El equipo deberá estar preparado para soportar las presiones, temperaturas y caudales máximos que se van a alcanzar durante las pruebas.
6. La precisión total de medición de la presión, temperatura, caudal, rpm y la intensidad deberá ser menor o igual a 1% del valor medido.
7. Se deberán instalar caudalímetros volumétricos para la medición del caudal.
8. Dependiendo del compresor, el sentido del giro del motor de arrastre puede ser distinto.
9. La bancada tendrá un depósito de **40 litros** que el compresor o motocompresor auxiliar deberá llenar con aire durante las pruebas.
10. Los dos carros suministrados por el contratista deben ser ergonómicos y fáciles de manejar por el operario, permitiendo su transporte dentro y fuera de la cabina insonorizada. Todas las ruedas del carro deben incluir freno accionado de manera manual.
11. El carro suministrado para los motocompresores auxiliares debe ser compatible con los diferentes motocompresores auxiliares existentes, permitiendo realizar las pruebas desde el mismo.
12. El carro suministrado para los compresores areneros debe incluir un depósito de aire de **9 litros** que deberán llenar durante las pruebas.
13. Los compresores auxiliares serán transportados hasta el banco de pruebas de compresores auxiliares mediante un carro proporcionado por Metro y posicionados en la bancada de forma manual por el operario.

5.3.1.2 Equipo de pruebas de válvulas de seguridad y válvulas de compresores

Los requerimientos principales asociados al banco de pruebas serán los siguientes:

1. El banco de pruebas debe ser completo e independiente al equipo de pruebas de compresores y motocompresores y a la cabina insonorizada. Estará compuesto por una zona de pruebas con una cubierta con visor que insonorice las pruebas y un panel de control con software.

2. Debe estar diseñado para funcionar tanto dentro como fuera de la cabina insonorizada, incluyendo, por tanto, ruedas para su transporte. Todas las ruedas deben incluir freno, el cual se accionará de manera manual.
3. Se suministrará una cubierta, tapa o similar con visor colocada en la zona de prueba de válvulas. Esta cubierta permitirá la insonorización de las pruebas, la reducción de riesgos frente a posibles proyecciones y la visualización de las válvulas colocadas en su interior durante las mismas. La apertura y cierre se podrán realizar con facilidad y permitirá colocar los componentes en la zona de prueba.
4. Todos los componentes internos necesarios para el funcionamiento del banco de pruebas (calderines, mangueras neumáticas, electroválvulas, cableado eléctrico, etc.) deben quedar ocultos y protegidos bajo llave, de forma que el banco sea una estructura cerrada que guarde una estética general con el resto de los equipos del taller. Que estos componentes internos queden ocultos y bajo llave, no exime de que sean fácilmente accesibles para el mantenimiento.
5. Se deben poder suministrar a las válvulas presiones de hasta **14,5 bares**. Se pide que el banco permita variar la presión entre, al menos, **0 y 16 bares**. Se deben permitir seleccionar la presión con ajustes de 0,1 bares.
6. El suministro neumático y eléctrico del banco de pruebas se debe realizar a través de la cabina insonorizada, incluyendo en ella las conexiones pertinentes para permitir el funcionamiento del banco.
7. La precisión total de medición de la presión deberá ser menor o igual a 1% del valor medido.
8. La bancada tendrá un depósito de, al menos, **4 litros** para probar las válvulas de seguridad.
9. Se deberán suministrar los útiles para posicionar, fijar y probar las válvulas de seguridad y las válvulas de compresores (aspiración e impulsión).
10. Algunas válvulas de seguridad tienen regulación, por lo que si la prueba diera NO APTA, el operario podrá acceder a regularla y repetir las pruebas realizadas sobre las mismas hasta que quede completamente ajustada. Se deberá permitir al operario acceder a regular la válvula en condiciones seguras.

11. Las pruebas deben ser seleccionadas y controladas a través de un panel de control y display propios del banco de pruebas de válvulas, independiente al panel de control para los bancos de prueba de compresores.

5.3.2 Útil de sujeción

El CONTRATISTA deberá diseñar, fabricar y suministrar el utillaje necesario para posicionar, asegurar y probar los diversos componentes a las bancadas correspondientes para sus pruebas. Los componentes están definidos en el apartado 5.1 COMPONENTES A MANTENER.

Este utillaje deberá diseñarse con el fin de que el posicionamiento de los componentes sea fácil, sencillo y que los tiempos de fijación al banco se minimicen. Deberá tener el menor juego posible para un mayor agarre.

El Contratista será responsable de realizar y entregar planos de fabricación nuevos, pudiendo proponer otra forma de sujetar los compresores que también sea válida. Metro validará los planos de fabricación antes de que se comience a fabricar.

Dentro de los manuales del banco de pruebas se deben incluir los manuales de uso del útil de sujeción.

Todos los componentes del útil que puedan en algún momento ser separados de la bancada, deberán disponer de un número de identificación que definirá Metro.

- Compresores principales y auxiliares:

El útil estará colocado de forma que los compresores puedan conectarse a los motores de las bancadas correspondientes.

Se tendrá en cuenta en el diseño del útil que los compresores principales se colocan en la bancada de forma manual por el operario con ayuda de un puente grúa. Los compresores auxiliares se colocan también de forma manual, pero sin necesidad de puente grúa.

- Motocompresores principales y auxiliares:

Los motocompresores principales no se colocarán en la bancada. Se probarán suspendidos en unos carros que actualmente dispone Metro. Los carros no serán objeto

de este suministro, pero deberán estar incluidos en el manual de usuario y la certificación conjunta según RD 1215/1997 Anexo I y Anexo II.

Para los motocompresores auxiliares, se debe incluir el suministro de un carro para su transporte hasta el interior de la cabina. El carro debe ser compatible con todos los motocompresores a probar. El carro debe incluir ruedas con freno. Debe ser ergonómico y fácil de manejar para los operarios.

El motocompresor auxiliar debe ser probado sobre el carro, disponiendo de las conexiones neumáticas y eléctricas necesarias para las pruebas desde la bancada de compresores y motocompresores auxiliares.

El depósito de aire de 40 litros necesario para las pruebas está ya incluido en la bancada de pruebas de compresores auxiliares, por lo que no es necesario que el carro lo incluya.

- Compresores areneros:

Se debe incluir el suministro de un carro para el transporte de los compresores areneros auxiliares hasta el banco de pruebas de compresores auxiliares. El carro debe incluir ruedas y un sistema de frenado accionado manualmente. Debe ser ergonómico y fácil de manejar para los operarios.

El carro debe incluir un depósito de 9 litros para realizar las pruebas de llenado de los compresores areneros, puesto que la capacidad necesaria es diferente a la del resto de los componentes a probar en la bancada.

- Válvulas de seguridad:

El útil permitirá que las válvulas puedan conectarse a la toma neumática del banco. Tendrá una toma roscada para poder fijar las válvulas de seguridad.

- Válvulas de aspiración e impulsión:

Se suministrará un útil para que las válvulas de aspiración e impulsión puedan conectarse a la toma neumática del banco.

5.3.3 Mantenimiento y calibración

Se deberá suministrar un juego de cualquier utillaje o herramienta especial, en caso de existir, necesario para el montaje, desmontaje, mantenimiento, revisiones, reparaciones y calibración de cualquiera de los equipos o componentes de su suministro. Dichos utillajes y herramientas especiales deberán disponer de número de identificación.

Con respecto a la calibración, el contratista deberá diseñar los equipos incluyendo las tomas para la calibración de los manómetros. Estas tomas para la calibración de los manómetros serán enchufes rápidos tipo RCS 06 de la marca Staübli o equivalente, con tecnología antilatigazo, definidas en el apartado 5.4.4.1 Enchufes rápidos con tecnología antilatigazo.

Las tomas para la calibración de los equipos de medida del banco deberán colocarse de forma que queden accesibles y próximas al punto de medida. Estas tomas deberán identificarse como tomas de calibración para evitar confusiones de los operarios. Los manómetros para la calibración de los manómetros de los equipos no serán objeto de este suministro.

Se aportará el plan de mantenimiento periódico con sus consistencias y periodicidades, incluyendo el mantenimiento legal, en caso de que aplique, así como el plan de calibración aplicables a sus productos de acuerdo con la normativa.

Se deberán diseñar los equipos de tal forma que requiera el menor número de operaciones de mantenimiento y calibración posibles. Además, se valorará que el tiempo entre mantenimientos o calibraciones sea el máximo posible, debiendo incluso de indicar la periodicidad de mantenimiento y calibración ajustada a horas de funcionamiento real de la máquina.

El diseño de los equipos se realizará de tal forma que se facilite el acceso a todos los elementos de los mismos que requieran ajustes o revisiones periódicas de mantenimiento o calibración o sean susceptibles a ser reemplazados por el uso. Entre estas operaciones se encuentran las realizadas por el correspondiente Organismo de Control Autorizado (OCA), como las revisiones de las válvulas de seguridad que incorporen, llenado y vaciado de agua de los calderines que haya que retimbrar, etc.

Los equipos deberán disponer de un contador horario de funcionamiento real. Además, se deberán emitir avisos en el display de los equipos con la periodicidad y antelación que Metro decida para avisar a los mantenedores y/o departamento de calibración de que se aproximan las fechas límite para realizar sus trabajos.

Todos los elementos de los equipos que requieran ajustes o revisiones periódicas de mantenimiento o sean susceptibles a ser reemplazados por el uso deberán estar en un lugar accesible.

5.3.4 Control de ruido

Los equipos y sistemas mecánicos deberán ser diseñados de forma que el ruido máximo transmitido por los sistemas no supere el admisible por el **RD 286/2006**, sobre la **protección de**

la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido o equivalente.

El ruido medido en **todo el perímetro exterior de la cabina** y en la **zona de uso del panel de control**, deberá ser como máximo de **78dB(A)**.

5.3.5 Iluminación

Las zonas de los equipos donde el operario trabaje deberán estar correctamente iluminadas conforme al **RD 486/1997**, por el que se establecen **las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo**. Debiendo el CONTRATISTA añadir la iluminación que necesiten los equipos para que se cumpla el nivel mínimo de iluminación en las siguientes zonas, según el tipo de tarea a realizar:

- Zonas donde se colocan los componentes a mantener. La intensidad mínima de luz en esta zona deberá ser de **500 luxes**.
- Zonas donde se realice mantenimiento preventivo. La intensidad mínima de luz en esta zona deberá ser de **300 luxes**.
- Interior de los cuadros eléctricos. La intensidad mínima de luz en esta zona deberá ser de **300 luxes**.
- Zona del panel de control. La intensidad mínima de luz en esta zona deberá ser de **300 luxes**.

La iluminación debe ser LED, con luz neutra entre 2700 y 4000K. La iluminación de cada zona debe poderse encender y apagar mediante interruptores independientes.

Se deberá tener en consideración que no se generen brillos o reflejos indeseados que impidan al operario visualizar los displays mientras se utilizan los equipos.

5.3.6 Pintura

La limpieza, preparación y pintado deberá realizarse de acuerdo con los requisitos en los que prestarán servicio.

5.3.7 Identificaciones

Todos los útiles y accesorios suministrados con los equipos de pruebas deberán identificarse con un código de identificación. Este código lo definirá Metro.

5.3.8 Placa de características

Las placas de características deberán fijarse en los equipos y en aquellos componentes que debido a sus características así lo requieran.

5.3.9 Otros requisitos

1. El tipo de protección mínima de los diversos elementos será IP-54, debiendo en cualquier caso respetarse lo establecido por la legislación vigente.
2. Todos los riesgos de manipulación, operativos y potenciales de los equipos se identificarán con etiquetas de advertencia en castellano.
3. Se integrarán indicadores luminosos que indiquen de errores o avisos durante la utilización de la máquina. Se indicará si disponen de indicadores sonoros de advertencia o error.

5.4 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

5.4.1 Cabina insonorizada

Se deberá suministrar una cabina con paneles insonorizados para las pruebas de compresores, motocompresores y válvulas neumáticas.

La cabina deberá cumplir con todos los requerimientos de seguridad que se especifiquen en las normativas de aplicación, detalladas en el apartado 8 DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN.

La cabina insonorizada deberá ser lo más pequeña posible, no debiendo superar las siguientes dimensiones máximas exteriores aproximadas (Longitud x Ancho): **7000 x 6300 mm**.

En el interior de esta cabina se tendrá que haber de forma fija:

- Bancada para pruebas de compresores principales.
- Bancada para pruebas de compresores auxiliares.
- Armario/s descritos en el apartado 5.4.1.6 Armarios para útiles y accesorios.
- Espacio para la maniobrabilidad de los diferentes componentes, carros y bancadas móviles (compresores/motocompresores principales, compresores/motocompresores auxiliares, bancada de pruebas de válvulas de seguridad y de compresores).

En el interior de esta cabina se tendrá que poder colocar de forma móvil/temporal:

- Banco de pruebas de válvulas de seguridad y válvulas de compresores (aspiración e impulsión).
- Cualquiera de los dos carros para pruebas de motocompresores principales, el carro para las pruebas de los motocompresores auxiliares o el carro de compresores areneros auxiliares. El carro para las pruebas de los motocompresores principales no será objeto de este suministro. Las medidas de los carros de motocompresores principales son (Longitud x Ancho): 2,04 x 1,02 m y 1,75 x 1,30 m.

Además:

- Se deben incluir balizas luminosas en el exterior de la sala para la indicación de prueba en curso.
- Se debe incluir en el panel de control un control del arranque y detención de las pruebas, mediante la actuación sobre un contactor, estando su suministro, instalación y protecciones a cargo del contratista. Se dispondrá de una seta de emergencia cableada que actuará sobre este contactor.

El oferente será el que establezca la distribución de los diferentes carros y bancadas dentro de la cabina insonorizada, describiendo la propuesta en la oferta.

5.4.1.1 Acceso a la cabina

Será necesaria una puerta abatible de doble hoja. En total deberá tener el mismo ancho que la puerta corredera de techo.

Las puertas cerrarán en su parte superior contra la puerta corredera del techo de la cabina. De forma que cuando ambas puertas estén abiertas, se quede un gran espacio libre de obstáculos para introducir los compresores y motocompresores en el interior de la cabina con el puente grúa de la sección (fuera del alcance de este pliego).

Esta puerta corredera estará motorizada y se accionará mediante un botón, tecla o similar.

Los compresores auxiliares, así como las válvulas neumáticas se introducirán en el interior de la cabina de forma manual por el operario. No se necesitará puente grúa para esta manipulación.

Habr  un sensor en las puertas que detecte si están abiertas. En caso de que se encuentren abiertas, no se podrá iniciar o continuar con las pruebas.

Si durante el ensayo se abren las puertas, la prueba deberá pararse en condiciones seguras.

5.4.1.2 Sistema de ventilación forzada

El contratista deberá suministrar e instalar el sistema completo de ventilación forzada, incluyendo silenciadores, filtros, rejillas, así como el resto de los elementos intervinientes.

El aire deberá renovarse en el interior de la cabina durante el proceso de prueba. Se deberá permitir la entrada de aire limpio al interior de la cabina y la salida de aire al exterior.

Se incluirán los elementos necesarios para que fuera de la cabina o fuera de la nave del TIR no se perciba el ruido del compresor o motocompresor a ensayar ni el ruido del sistema de extracción de aire.

El sistema de ventilación forzada contará con unos filtros de aire para no expulsar aire con un alto contenido en aceite.

En caso de ser necesaria una obra civil, como por ejemplo una apertura en la pared de la nave para canalizar el aire fuera del taller, se deberán entregar los planos correspondientes.

5.4.1.3 Conexiones

La cabina debe disponer en su interior de todas las conexiones necesarias, tanto neumáticas como eléctricas, para poder realizar el conexionado de los bancos de prueba que se disponen en su interior.

Las conexiones eléctricas de los dos bancos de pruebas de compresores se deben aunar en un armario eléctrico en el interior de la cabina. Estas conexiones eléctricas deben ser permanentes. También deberá haber un punto de suministro eléctrico y neumático adicional para conectar el banco de pruebas de válvulas de seguridad y válvulas de compresores.

En el exterior de la cabina se dispondrá de otro cuadro eléctrico para el conexionado de la luminaria, equipo de ventilación, y otros componentes eléctricos como el armario del interior de la cabina, mencionado en el párrafo anterior.

En caso de que se necesite variar la tensión, amperaje, o presión de la procedente del taller general, la cabina debe estar dotada de los componentes necesarios para entregar los correctos parámetros de conexionado.

Se deben incluir las protecciones oportunas en el sistema eléctrico y neumático de la cabina para evitar situaciones de peligro dentro y fuera de la misma, no afectando al resto de dispositivos del taller.

Así mismo, deben incluirse protecciones para evitar el dañado de los equipos de prueba y la cabina en caso de que se produzcan cortocircuitos, sobretensiones o sobrepresiones en los circuitos generales del taller. Se deben dimensionar teniendo en cuenta los picos de arranque de los compresores y motores.

La cabina debe incluir varios pulsadores de emergencia, tanto dentro como fuera de la misma, para parar los procesos que se estén llevando a cabo en caso de que se produzca una situación peligrosa para los operarios.

5.4.1.4 Ventanas

La cabina deberá contar con una ventana situada cerca de donde se encuentre el panel de control. El operario debe poder ver las pruebas a través de esta ventana en todo momento mientras usa el panel de control. Esta ventana podrá abrirse durante las pruebas para que el operario escuche que los componentes a ensayar no emiten ruidos anómalos, y, en caso de emitir algún sonido que no debiera, poder identificar qué está fallando.

También se situará una ventana en cada hoja de la puerta de acceso. Estas ventanas podrán ser fijas, es decir, sin apertura.

5.4.1.5 Puerta corredera en techo

En el techo de la cabina se deberá instalar una puerta corredera que permita introducir con el puente grúa los compresores y motocompresores principales, desde el área de reparación hasta el interior de la cabina. También permitirá colocar el compresor principal en la bancada y el motocompresor en el carro de pruebas, usando el puente grúa de la sección.

Deberá tener el mismo ancho que la puerta de acceso a la cabina, para que cuando ambas estén abiertas, se pueda acceder sin obstáculos con el puente grúa de la sección.

Esta puerta corredera estará motorizada y se accionará mediante un botón, tecla o similar. El ensayo no podrá comenzar o continuar si esta puerta se encuentra abierta.

Si durante el ensayo se abre, la prueba deberá pararse en condiciones seguras.

5.4.1.6 Armarios para útiles y accesorios

Los equipos incorporarán los habitáculos necesarios para contener los diversos utillajes y herramientas especiales fabricados para el uso, mantenimiento y calibración de los mismos, de forma que queden protegidos bajo llave cuando no se estén utilizando. También se almacenarán todas las herramientas y útiles estándares que intervengan en las pruebas de los componentes.

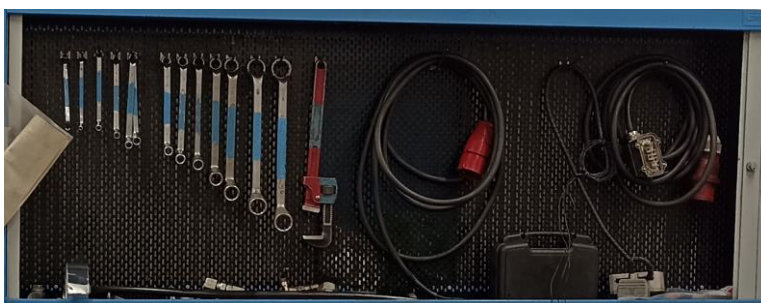


Figura 5. Herramientas especiales y estándar a almacenar en el interior de la cabina.

5.4.2 *Mantenimiento automático*

Se deberá implementar un sistema para probar de forma automática los circuitos neumáticos de los equipos. Servirá para verificar la integridad de los sistemas neumáticos, incluyendo válvulas, circuitos neumáticos, transductores de presión, etc.

Se debe automatizar la secuencia de las pruebas, incluyendo sensores para la detección de fugas y medición de presión en los diferentes puntos del circuito.

Se debe programar e incluir, por tanto, un protocolo de mantenimiento automático de los circuitos neumáticos de la cabina insonorizada.

La selección del mantenimiento automático se debe hacer desde el panel de control de la cabina. A su vez, debe haber una interfaz intuitiva para la visualización de resultados y alertas en caso de fallos.

5.4.3 Sistema informático e integración con servidor

Para cada equipo de pruebas se deberán seguir las siguientes indicaciones en lo relativo al sistema informático e integración con el servidor. Cada equipo será independiente, pudiendo compartir base de datos y aplicación en el servidor interno de Metro.

Todo el sistema informático e integración con el servidor deberá seguir la línea base en los ámbitos de desarrollo, sistemas, comunicaciones y seguridad actualmente existentes en Metro de Madrid, y adjuntada en el ANEXO I - LÍNEA BASE DE LA CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE METRO DE MADRID (v1.12). Cualquier tarea que implique la necesidad de salirse de esta línea deberá ser sometida a aprobación por parte de Metro de Madrid mediante la provisión por parte del contratista de un informe justificativo y de posibles alternativas. La solución tecnológica propuesta quedará integrada dentro del sistema informático de METRO, por lo que se deberá tener en cuenta en el análisis las relaciones de esta solución con el resto de las aplicaciones y entornos, con el fin de garantizar la perfecta integración con éstos. Con carácter posterior a la adjudicación, y previo a la fase de inicio del proyecto se determinará, de acuerdo con el equipo de Sistemas de Metro de Madrid, el entorno tecnológico y las herramientas con las que se desarrollará la BBDD y la aplicación en entorno .net.

Puede considerarse la posibilidad que sea .Net Framework y/o .Net Core (aunque no se especifique en la Línea Base). Puede proponerse utilizar Angular en la aplicación cliente web.

En ningún caso se admitirán tecnologías obsoletas y/o sin soporte, aunque se hayan incluido en la Línea Base, que se encuentra en el ANEXO I - LÍNEA BASE DE LA CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE METRO DE MADRID (v1.12).

El sistema de pruebas ha de ser diseñado para realizar y registrar en una base de datos las pruebas necesarias y los parámetros obtenidos para la verificación de las características particulares que cada componente ha de cumplir tras efectuarse una operación de mantenimiento y debe de disponer de todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los operarios, instalaciones y equipos a probar.

5.4.3.1 Requisitos informáticos principales

- Leer la etiqueta RFID del componente para escoger de forma automática la plantilla de pruebas a ejecutar en la aplicación local del banco. También deberá poderse ejecutar introduciendo manualmente el código del componente.

- Se deberá crear una aplicación web desplegada en un servidor de aplicaciones interno de Metro. Desde la aplicación, se podrá acceder a una BBDD interna de Metro para diseñar y crear plantillas para pruebas nuevas o existentes, y buscar los resultados de pruebas realizadas.
- Deberá crearse una aplicación local en el PC de cada panel de control, la cual controle el banco y acceda a las plantillas de la BBDD del servidor de Metro para ejecutar la correspondiente al componente a ensayar. La base de datos no puede ser local, debe estar en red y la aplicación local deberá utilizar servicios web (API web) para intercambiar información con la base de datos en red.
- Permitir la realización de ensayos de forma manual, sin plantillas.
- El acceso a las aplicaciones podrá ser:
 - En local: Desde el PC local de control se podrá acceder a la aplicación local de control.
 - En remoto: Desde el navegador de Internet de los PC's corporativos se podrá acceder a la aplicación web desplegada en un servidor de aplicaciones interno de Metro.
- Los datos de los resultados, informes generados y las plantillas creadas para las pruebas se guardarán en la BBDD interna.
- Permitir acceso remoto VPN al fabricante a la aplicación del servidor y la aplicación local de control para la solución de fallos. Metro definirá el alcance de este acceso con carácter posterior a la adjudicación.
- Toda interfaz hombre-máquina deberá implementarse en idioma español.
- Los permisos de red que Metro dará a los usuarios son de usuario estándar, nunca se darán permisos de administrador. Metro facilitará las herramientas de desarrollo que se necesiten y realizará las tareas que se requieran desde los perfiles de administrador, como instalaciones y configuración. Estas tareas serán realizadas siguiendo los manuales y con soporte del proveedor. Se podrán llegar a dar permisos de administración a procesos con usuarios de sistema (en local), nunca se darán a usuarios conectados en el equipo donde se encuentra la aplicación.
- La propiedad intelectual e industrial de todos los productos desarrollados específicamente para Metro durante el proyecto será exclusiva de Metro. Todos los productos que queden fuera de este ámbito se tendrán que especificar en la oferta.

- A continuación, se presenta la arquitectura general del banco de pruebas y que ayudará en los sucesivos apartados a describir los alcances específicos del suministro para cada una de sus partes.

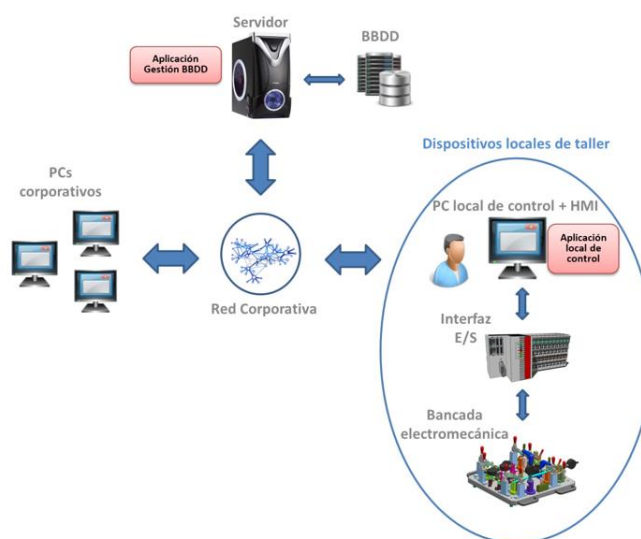


Figura 6. Arquitectura general del banco de pruebas.

5.4.3.2 PC local de control

Metro de Madrid proporcionará al Adjudicatario un PC por cada panel de control sobre el que el Adjudicatario deberá desarrollar e integrar una aplicación local de control cuyas características se definirán a continuación. El PC servirá para proporcionar al operario la información y el control necesarios para que éste lleve a cabo las tareas de pruebas sobre los compresores, motocompresores y válvulas. Esto se llevará a cabo a través de la correspondiente interfaz gráfica de usuario o HMI de control de dicha aplicación.

Metro homologará en sus instalaciones tanto el Software que se desarrolle como el Software de terceros que deba instalarse en el PC. Es importante destacar que el Sistema Operativo Windows 10 debe ser Windows 10 LTS Enterprise, es decir, licencia empresarial de índole industrial. En ningún caso se pondrá un Windows 10 con licencia “profesional” y esta licencia ni es la recomendada por Microsoft ni tampoco está dentro del actual contrato de mantenimiento para nuestro entorno empresarial.

No hay unas características concretas de PC (maqueta), Metro comprará los PC en base a la necesidad que se especifique tras la adjudicación por el adjudicatario. El adjudicatario deberá definir las características mínimas necesarias del PC.

Los PC, al ser unos equipos corporativos propiedad de Metro, no podrán salir de las instalaciones del TIR. El fabricante deberá disponer de un equipo propio para realizar los desarrollos en fábrica que necesite. El personal de Metro replicará en cada PC corporativo la instalación del programa mediante el seguimiento de las instrucciones correspondientes aportadas por el contratista.

Se incluye en el ANEXO I - LÍNEA BASE DE LA CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE METRO DE MADRID (v1.12) de este PTT la línea base para la configuración del entorno tecnológico y los requisitos para puesto cliente.

En caso de haya un inconveniente con que Metro suministre el PC, el contratista deberá aportar un informe justificando los motivos. En este caso, Metro valorará y decidirá si se admite que el PC sea suministrado por el adjudicatario, debiendo siempre de tener en cuenta y ajustarse a los requisitos y línea base del puesto cliente.

En caso de que para controlar el PC se requiera un teclado y/o un ratón, el contratista será responsable de su suministro y el equipo deberá integrar una bandeja extraíble donde éstos se podrán colocar y proteger bajo llave. De esta forma, se podrán escamotear mientras no se estén utilizando para prolongar su vida útil, al estar protegidos frente a posibles salpicaduras de líquido buscafugas. También sería válida una solución donde el teclado y el ratón se encuentren integrados en el banco con una protección frente a posibles salpicaduras, o una solución que sea mezcla de ambas propuestas. La solución final adoptada tendrá que ser validada por Metro.

5.4.3.3 BBDD del servidor

La base de datos tanto de compresores y motocompresores como de válvulas podrá ser única y deberá residir en un servidor en red, tanto para la aplicación local como la web. Deberá acudirse a estrategias de desarrollo (utilización de caches en local, por ejemplo) para cubrir la necesidad en la que se haya perdido conexión con la base de datos. Hay que tener en cuenta que la infraestructura de comunicaciones de la que dispone en la actualidad Metro es bastante robusta y tiene muy pocas pérdidas.

En caso de integrarse nuevas mediciones, pruebas o componentes en el banco de pruebas, se debe permitir que se guarden también en la base de datos del servidor. Si se considera necesario, se dará una formación de reprogramación de bases de datos.

5.4.3.4 Aplicación Web desplegada en un servidor de aplicaciones interno de Metro de Madrid

El contratista elaborará una aplicación para generar nuevas plantillas para la configuración de parámetros y mantenimiento de datos maestros. Desde esta aplicación también se podrán visualizar y extraer los datos de las pruebas realizadas y generar informes de prueba.

Se elaborará la documentación necesaria para poder operar y mantener la aplicación. Dicha documentación abarcará aspectos como catálogo de requisitos, análisis y diseño de la solución, arquitectura, perfiles, explotación y mantenimiento. También será necesario elaborar un manual de usuario detallado para el perfil administrador y otro manual para usuario estándar.

1. Podrán acceder a la aplicación aquellos terminales remotos o clientes que se encuentren conectados a la red corporativa de Metro, requiriéndose un proceso de autenticación y/o autorización, que deberá integrarse con el repositorio de usuario en el Directorio Activo.
2. Existirán como mínimo tres entornos de trabajo diferenciados: desarrollo, preproducción y producción. El sistema/aplicación deberá estar preparada para trabajar contra cualquiera de ellos a través de mecanismos flexibles. La aplicación se desarrollará en un entorno de 'desarrollo', bien en las instalaciones del Contratista o en las de Metro de Madrid. En el primer caso, será necesario desplegar el código igualmente en las instalaciones de METRO, en todos los entornos empezando por desarrollo, siguiendo los procedimientos de despliegue de Metro, si fuera necesario debería generarse un instalador y hacer las pruebas necesarias para comprobar que dicho entorno queda plenamente operativo para el futuro mantenimiento y evolución de la aplicación. Adicionalmente deberá entregarse previo a su aceptación la documentación técnica que permita a Metro la instalación, mantenimiento y soporte de la aplicación.

Una vez realizada la entrega correcta del código en desarrollo, Metro de Madrid realizará todas las pruebas necesarias para validar que la aplicación entregada está completa, correcta, libre de fallos y responde a los requisitos de funcionamiento requeridos. Estas pruebas se deberán realizar con datos reales, por lo que será obligación del Contratista garantizar que los Ficheros, Bases de datos y demás sistemas de almacenamiento de datos, usados en las pruebas, se encuentren

cargados correctamente, así como que los datos reales no se perderán o alterarán en toda la fase de ejecución del proyecto.

▪ PLANTILLAS:

1. Los usuarios que tengan permiso tendrán la opción de crear plantillas para pruebas de cada referencia de compresor, motocompresor o válvulas de seguridad y de aspiración e impulsión de forma fácil e intuitiva.
2. En estas plantillas se diseñará la prueba a realizar. El operario deberá estar guiado en todo momento. A través de las plantillas, se podrá definir lo que se va a mostrar en el display durante el ensayo, tanto los pasos que deba seguir el usuario manualmente (echar líquido buscafugas, abrir la ventana de la cabina, etc.), como los pasos que va a realizar el banco automáticamente (prueba de llenado, prueba de estanqueidad, etc.).
3. Se podrá programar, entre otros aspectos, el número de pruebas, los tiempos de prueba, la secuencia de las mismas, los parámetros de cada prueba y sus rangos de validez, formulación de nuevas variables mediante los parámetros medidos, las indicaciones al operario, los datos de los resultados que se guardarán en la BBDD del servidor, etc.
4. También se podrá definir en estas plantillas si es necesaria la generación de un informe con los datos y resultados del ensayo. En cada plantilla, el informe podrá configurarse en función de las preferencias, es decir, se podrá decidir entre otros:
 - Resultados de los ensayos a mostrar.
 - Datos que se consideren relevantes.
5. Las plantillas se podrán editar actualizando su versión, duplicar y borrar desde uno de los perfiles con el permiso para ello.
6. Las plantillas se almacenarán en la BBDD del servidor interno.

▪ BUSCADOR EN BBDD DEL SERVIDOR:

1. Se podrán buscar los resultados de las pruebas almacenados en la BBDD interna, mediante una serie de filtros preestablecidos. Metro definirá tras la adjudicación los datos de los resultados que deben aparecer en el

buscador (referencia del compresor, motocompresor o válvulas, tiempo de llenado, presión de llenado, presión de apertura de válvula, presión de cierre de válvula, resultado de las pruebas de estanqueidad, día, hora, etc.), así como los filtros que se necesitan (filtrar por referencia, por tiempo de llenado, filtrar los tests realizados entre dos fechas concretas, etc.).

2. Se podrá descargar el informe de resultados o los datos de los ensayos que se seleccionen para su posterior análisis. El informe se descargará en formato .pdf y los datos se descargarán en formato .xlsx / .csv.

5.4.3.5 Aplicación local de control

El contratista elaborará una aplicación que se instalará en cada PC local de control para el control de cada equipo.

Se elaborará la documentación necesaria para poder operar y mantener la aplicación. Dicha documentación abarcará aspectos como catálogo de requisitos, análisis y diseño de la solución, arquitectura, perfiles, explotación y mantenimiento. También será necesario elaborar un manual de usuario detallado para el perfil administrador y otro manual para usuario estándar.

1. Se podrá acceder a ella a través del PC local de control.
2. Se le proporcionará al operario la información y el control a nivel local necesarios para que éste lleve a cabo las tareas de pruebas sobre los componentes, a través de la correspondiente interfaz gráfica de usuario o HMI de control de dicha aplicación.
3. Podrán acceder a la aplicación aquellos terminales remotos o clientes que se encuentren conectados a la red corporativa, requiriéndose un proceso de autenticación y/o autorización, que deberá integrarse con el repositorio de usuario en el Directorio Activo.
4. Permitirá, al menos, tres perfiles de acceso a la aplicación de control con diferentes privilegios: Usuario, Mantenedor y Administrador. Los privilegios asociados a cada perfil serán definidos por METRO con carácter posterior a la adjudicación.
5. La aplicación deberá disponer de la opción, mediante usuario y clave, de habilitar los privilegios de administrador en cualquier momento, o de cambiar de usuario.

6. Existirán como mínimo tres entornos de trabajo diferenciados: desarrollo, pre-producción y producción. El sistema/aplicación deberá estar preparada para trabajar contra cualquiera de ellos a través de mecanismos flexibles. La aplicación se desarrollará en un entorno de 'desarrollo', bien en las instalaciones del Contratista o en las de Metro de Madrid. En el primer caso, será necesario desplegar el código igualmente en las instalaciones de METRO, en todos los entornos empezando por desarrollo, siguiendo los procedimientos de despliegue de Metro, si fuera necesario debería generarse un instalador y hacer las pruebas necesarias para comprobar que dicho entorno queda plenamente operativo para el futuro mantenimiento y evolución de la aplicación. Adicionalmente deberá entregarse previo a su aceptación la documentación técnica que permita a Metro la instalación, mantenimiento y soporte de la aplicación.

Una vez realizada la entrega correcta del código en desarrollo, Metro de Madrid realizará todas las pruebas necesarias para validar que la aplicación entregada está completa, correcta, libre de fallos y responde a los requisitos de funcionamiento requeridos. Estas pruebas se deberán realizar con datos reales, por lo que será obligación del Contratista garantizar que los Ficheros, Bases de datos y demás sistemas de almacenamiento de datos, usados en las pruebas, se encuentren cargados correctamente, así como que los datos reales no se perderán o alterarán en toda la fase de ejecución del proyecto.

7. Deberá tener acceso a la BBDD del servidor, especificada en el apartado 5.4.3.3 BBDD del servidor, para la descarga en últimas versiones de los ensayos predefinidos con sus parametrizaciones asociadas. La última versión de la plantilla asociada a los componentes a ensayar deberá seleccionarse y ejecutarse de forma automática a través de la lectura de la etiqueta RFID o mediante la introducción manual de la matrícula del componente.
8. En caso de que no sea posible la conexión con la BBDD en el punto anterior, la aplicación deberá avisar de este hecho y tendrá la posibilidad de seleccionar los ensayos predefinidos almacenados a nivel local. Para posibilitar este punto, la aplicación deberá haberse descargado previamente en memoria local los ensayos predefinidos en la BBDD en sus últimas versiones en conexiones previas.
9. La aplicación también permitirá introducir los datos de forma manual para poder realizar ensayos que no estén definidos en la BBDD del servidor.

10. Se debe permitir programar alarmas y variables de control en cada ensayo.
11. A través del lector RFID, se seleccionará automáticamente el ensayo concreto a realizar. A partir de ese momento, la aplicación irá indicando en pantalla los pasos de prueba que se tienen que realizar y cuál se encuentra en ejecución en cada momento. La aplicación detectará, a través de sus sensores, y siempre que sea posible, cuando se ha completado cada etapa del ensayo y actuará en consecuencia pasando a la siguiente notificándolo en el display del PC local mediante una indicación visual o acústica.
12. Se le debe permitir al operario decidir entre parar, repetir la prueba o continuar con la prueba siguiente. El operario podrá también introducir los valores de las operaciones manuales.
13. El programa deberá analizar los parámetros introducidos manualmente por el operario y los valores obtenidos de las pruebas automáticas, e indicar si se encuentran o no dentro de las tolerancias establecidas. Se irán registrando todos los parámetros requeridos en las pruebas y comparándolos con los valores límites. Debiendo dar como NO APTO el ensayo en caso de que el valor medido sobrepase los límites máximos y mínimos admisibles.
14. En el display se debe poder visualizar, en tiempo real, los diferentes parámetros que están siendo medidos durante las pruebas de los componentes.
15. En el display del panel de control se podrán visualizar los resultados de cada prueba, así como los valores máximos y mínimos admisibles y las curvas representadas de los parámetros intervinientes en el ensayo con sus límites admisibles.
16. Se deben poder asociar de forma clara los parámetros con las curvas dibujadas. Por ejemplo, con códigos de color.
17. Se permitirá al operario añadir observaciones a cada una de las pruebas que realice, en caso de que lo considere oportuno.
18. Cuando todas las pruebas del ensayo se hayan realizado, se guardarán todos los datos del ensayo en la BBDD del servidor interno de Metro con el fin de conseguir una perfecta trazabilidad, incluyendo los parámetros requeridos en las pruebas funcionales mencionados anteriormente y todos aquellos datos de índole identificativo. Los datos a guardar deberán definirse entre el contratista y Metro tras la adjudicación. Entre otros, estos datos podrán ser:

- Versión de ensayo predefinido.
- Fecha y hora del ensayo.
- Identificador del agente que realiza el ensayo.
- Orden de trabajo asociada.
- Referencia del componente de Metro (matrícula).
- Número de trazabilidad de Metro.
- Serie del tren a la que pertenece el componente.
- Modelo y número de serie del fabricante.
- Tiempo de prueba (min)
- Tiempo de llenado (s)
- Presión de llenado (bar)
- Temperatura ambiente (°C)
- Contra-presión (bar)
- Caudal volumétrico de salida (L/min)
- Presión interna (bar)
- Temperatura interna (°C)
- Presión salida 1ª etapa (bar)
- Temperatura salida 1ª etapa (°C)
- Temperatura entrada 2ª etapa (°C)
- Temperatura salida 2ª etapa (°C)
- Temperatura salida compresor/postenfriamiento (°C).
- Temperatura aceite (°C)
- Velocidad del motor (rpm)
- Intensidad Fase 1 (A)
- Intensidad Fase 2 (A)
- Intensidad Fase 3 (A)
- Rendimiento radiador etapa 1
- Rendimiento radiador etapa 2
- Rendimiento térmico
- Presión de apertura de las válvulas (bar)
- Presión de cierre de las válvulas (bar)
- Resultado general de las pruebas (APTO / NO APTO).
- Observaciones.

19. Se permitirá también integrar nuevos parámetros de medición y programar variables que resulten del cálculo entre otros parámetros medidos o nominales de

los componentes. Estos se deben añadir/programar/formular por parte de los usuarios con permiso para ello cuando sea necesario. Estos se deben poder incluir en las plantillas.

20. En caso de que no sea posible la conexión con la BBDD a la hora de guardar los datos de los resultados, la aplicación deberá avisar de este hecho. Si se produce esta situación, puede indicarse que la aplicación local guarde en caché la información (preferiblemente en ficheros temporales) y actualice cuando tenga la conexión con la base de datos. Adicionalmente la aplicación local controlará con logs los errores de conexión.

5.4.3.6 Interfaz de E/S

Como interfaz de Entrada/Salida se entiende la parte del equipo de pruebas de carácter eminentemente eléctrico y electrónico encargada de la adaptación y condicionamiento de señales entre los PC local de control y el conjunto de sensores y actuadores de la bancada electromecánica. Dentro de esta parte se incluirán, por ejemplo, posibles implementaciones basadas en autómatas de control, tarjetas de entradas/salidas digitales y analógicas, tarjetas de comunicaciones de buses industriales, etc.

Los conjuntos de dispositivos constituyentes de esta interfaz deberán cumplir con los siguientes requisitos:

1. Se debe permitir captación de señales analógicas, con un mínimo de 16 canales simultáneos. Los canales deben permitir la captación de señales analógicas, tanto en tensión (-10V +10V) como en corriente (4 a 20 mA). La frecuencia de muestreo deberá ser de, al menos, 1 muestra por segundo.
2. Se deberán incluir, al menos, ocho (8) entradas y (8) salidas libres para poder aumentar, en un futuro, el número de mediciones que se realicen a los compresores. Estas entradas y salidas servirán para conectar nuevos equipos de medición / sondas necesarias para captar los datos. Las señales a captar podrán ser temperaturas, corrientes, presiones, caudales y velocidades (tacómetro).
3. En ningún caso el fabricante de los dispositivos a integrar habrá emitido a fecha actual ninguna carta de Interrupción de suministro de producto y final del ciclo de vida asociado a éstos, ni a cualquiera de sus accesorios a integrar en el banco de pruebas. Este aspecto será aplicable y extrapolable tanto para la parte Hardware como para la

del Software, incluyendo cualquier componente o elemento mecánico, eléctrico o electrónico a integrar en el banco de pruebas en su conjunto.

4. Cualquier sistema de seguridad autónomo basado en la supervisión o monitorización activa de sensores, actuadores, etc. se deberá implementar mediante módulos de seguridad de fabricantes de reconocido prestigio a nivel internacional, como los módulos SIGUARD de SIEMENS, o PNOZ de PILZ. Los elementos constituyentes de dicho sistema deberán estar en conformidad con la normativa vigente que les fuera de aplicación para poder ser integrados en sistemas de control cuya seguridad sea conforme con los niveles establecidos según las normativas de seguridad de máquinas EN ISO 13849-1 y la EN 62061 **o equivalente**.
5. En el caso que se opte por una solución de control basada en **autómata programable**, éste deberá ser de un fabricante de reconocido prestigio a nivel internacional, de Siemens o similar. Respecto a este Autómata:
 - Se deberá especificar en la oferta técnica el modelo del Autómata elegido, así como la de sus componentes asociados (tarjetas de entradas/salidas, comunicaciones, etc.) y la versión de Software de Sistema a cargar en el Autómata.
 - Si el autómata integra la funcionalidad de supervisión y/o actuación de seguridades, éste deberá estar en conformidad con la normativa que le fuera de aplicación para poder ser integrado en sistemas de control cuya seguridad sea conforme con niveles de seguridad de categoría PL e, o SIL 3, según las normativas de seguridad de máquinas EN ISO 13849-1 y la EN 62061 respectivamente **o equivalente**.
 - Cada software deberá estar instalado y programado en cada PC para poder probar los componentes de cada equipo.
 - Se deberá aportar, en relación al software asociado al Autómata, lo siguiente:
 - Aplicación e instrucciones de carga de software.
 - Archivos fuente y compilados de la aplicación cliente.
 - Aplicación de compilación e instrucciones de uso de la misma.
 - Licencias software necesarias.
6. En caso de que no se opte por un control basado en Autómata, el oferente deberá citar este aspecto de forma expresa en su oferta técnica.

5.4.3.7 Acceso remoto externo

Los equipos deberán disponer de acceso remoto, que permitirá al fabricante conectarse a la máquina desde cualquier lugar para el mantenimiento o resolución de incidencias durante el periodo de garantía. Esto facilitará la resolución de los diferentes tipos de problemas relacionados con el software de los equipos.

El acceso remoto se realizará mediante una VPN con un sistema de claves, donde las conexiones deberán ser autorizadas por METRO. Se deberán seguir las políticas que estén vigentes en el momento de la adjudicación del proyecto.

5.4.4 Requerimientos de seguridad

Los equipos de pruebas deberán disponer de los sistemas de seguridad y protección necesarios, que cumplan con los requerimientos de las normativas que apliquen, definidas en el apartado 8 DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN. En caso de ser necesario adaptar el equipo para el cumplimiento de cualquier normativa, incluido el RD1215/97 anexo I y II, será responsabilidad del contratista su adaptación.

En todo caso, el oferente deberá detallar en su oferta para los contratos basados los sistemas de seguridad que posee el equipo.

5.4.4.1 Enchufes rápidos con tecnología antilatigazo

Por motivos de seguridad, de estandarización y de reducción de repuestos, se pide que todos los enchufes rápidos del equipo sean de la marca Stäubli o equivalente y dispongan de tecnología antilatigazo.

Estos enchufes rápidos deben cumplir la normativa **ISO 6150 serie C**, en relación a las clavijas de conexión y la normativa **ISO 4414** de **Transmisiones neumáticas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes o equivalente** para la prevención del juego de desconexión.

Se suministrará la siguiente referencia:

- Las tomas rápidas que deben tener los equipos para los ensayos de los componentes, así como para la calibración de los manómetros del mismo, serán enchufes de Staübli tipo RCS 06 o equivalente.



Figura 7. Enchufe rápido RCS06 Staübli o equivalente con tecnología antilatigazo.

Cualquier necesidad de salirse de estos requerimientos deberá ser sometida a aprobación por parte de Metro de Madrid, mediante la provisión de un informe justificativo en el que también se indiquen las alternativas.

5.4.4.2 Barandilla y suelo antideslizante

Para la seguridad durante el mantenimiento en altura de la cabina, será necesario instalar una barandilla y un suelo antideslizante en todas las zonas del techo de la misma por donde el operario deba transitar para realizar este mantenimiento.

El objetivo de la barandilla perimetral y el suelo antideslizante es prevenir los riesgos de caída durante las operaciones de mantenimiento.

6 ENSAYOS Y PRUEBAS

6.1 PRUEBAS EN FÁBRICA (FAT)

Después de la fabricación, los equipos deberán ser probados y verificados por el fabricante antes de su envío para asegurar que sus características están de acuerdo con la especificación técnica.

El CONTRATISTA enviará por escrito a METRO y/o a la Asistencia Técnica un protocolo con la relación de controles, inspecciones y pruebas a realizar para la supervisión, revisión y aceptación de las pruebas FAT.

En caso de un FAT no apto, el contratista deberá solventar con anterioridad al envío las incidencias detectadas.

6.2 PRUEBAS EN PLANTA (COMMISSIONING y SAT)

Una vez finalizada la instalación los equipos, el CONTRATISTA llevará a cabo una puesta en servicio (COMMISSIONING) para comprobar el correcto funcionamiento de ambos, y el cumplimiento de las garantías establecidas en las instalaciones de Metro. En esta puesta en servicio, se comprobará la correcta instalación de los equipos.

Una vez llevada a cabo la puesta en marcha (COMMISSIONING), se realizarán unas pruebas en Metro (SAT). Una de las pruebas a realizar durante el SAT deberá ser una prueba de ensayo real con alguno de los componentes del tren que se prueban en el banco de ensayo. Metro prestará estos componentes para la realización de las pruebas SAT.

El CONTRATISTA enviará por escrito a METRO y/o a la Asistencia Técnica un protocolo con la relación de controles, inspecciones y pruebas a realizar para la supervisión, revisión y aceptación de las pruebas SAT y commissioning. El método de prueba estará de acuerdo con los procedimientos recogidos en los reglamentos, códigos y normas aplicables.

Para que los equipos puedan ser aceptados y darse por entregado, será necesario que el contratista certifique los mismos y sus accesorios (incluidos los carros de los motocompresores propiedad de Metro) a través de una empresa acreditada por la ENAC, según los Anexos I y II del RD 1215/1997. El contratista se hará cargo de las modificaciones que haya que realizarles a los equipos para cumplir con las normativas que se les apliquen, incluido el RD 1215/1997.

7 FORMACIÓN

El plan formación deberá incluir cursos presenciales para todos los tipos de perfiles: usuarios, administradores, mantenedores, personal del departamento de calibración y personal del Área de Sistemas de Información. Los cursos para los diferentes perfiles deberán ser completamente diferenciados y con un carácter eminentemente práctico. Para cada asistente al curso se deberá aportar documentación adecuada y orientada al contenido de cada curso, en castellano.

8 DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN

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

Los equipos de pruebas deberán fabricarse y certificarse en conformidad a la siguiente normativa aplicable:

- Deberá certificarse con CE y diseñarse y fabricarse de acuerdo con las siguientes Directivas:
 - Directiva Europea sobre Maquinaria 2006/42/CE, cuya transposición al derecho interno español se realiza a través del **RD 1644/2008 de Comercialización y Puesta en Servicio de las máquinas**. En caso de que los nuevos equipos se suministren a partir del 14 de enero de 2027, el reglamento de aplicación sería el **Reglamento (UE) 2023/1230**, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas, que sustituye a la directiva 2006/42/CE.
 - En materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión, deberán ajustarse en lo dispuesto en la Directiva Europea de bajo voltaje 2014/35/UE cuya transposición al derecho interno español se realiza a través del **RD 187/2016**, de 6 de mayo, por el que se regulan **las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión**.
 - En materia de compatibilidad electromagnética deberán ajustarse en lo dispuesto en la Directiva Europea sobre la Compatibilidad Electromagnética 2014/30/UE cuya transposición al derecho interno español se realiza a través del **RD 186/2016**, de 6 de mayo, por el que se regula **la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos**.
- En materia de reglamentación de equipos a presión deberá adecuarse a lo establecido al **Real Decreto 809/2021**, de 12 de diciembre, por el que se aprueba **Reglamento de equipos a presión e instrucciones técnicas complementarias**.
- En materia de Seguridad de las máquinas deberán ajustarse en lo dispuesto en las normas:
 - **UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo o equivalente.**
 - **UNE-EN ISO 13849:2016 Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño o equivalente.**
 - **UNE-EN ISO 60204-1:2019 Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales o equivalente.**

· **UNE-EN ISO 4413:2011 Transmisiones hidráulicas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes o equivalente.**

- Se debe cumplir y entregar el certificado de calibración de elementos y/o patrones de calibrado según requerimientos de la norma **UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración o equivalente.**
- El CONTRATISTA deberá certificar el conjunto conforme al Anexo I y II del **RD 1215/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.** Esta certificación correrá a cargo del CONTRATISTA y deberá realizarla una empresa acreditada por ENAC. Deberán entregarse a Metro los informes y certificados emitidos por la empresa acreditada y será responsabilidad del CONTRATISTA solventar las incidencias detectadas durante el proceso de certificación.
- Los equipos y sistemas mecánicos deberán ser diseñados de forma que el ruido máximo transmitido por los sistemas no supere el admisible por el **RD 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.**
- La cabina insonorizada deberá estar diseñada conforme a la norma **UNE-EN ISO 11654:1998** sobre la **Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica. (ISO 11654:1997) o equivalente.**
- Las zonas de los equipos donde el operario trabaje deberán estar correctamente iluminadas conforme al **RD 486/1997**, por el que se establecen **las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.**
- Los cables eléctricos a utilizar serán de alta seguridad (siglas AS), adecuados para su instalación en locales de pública concurrencia (ITC-BT-28) según los siguientes estándares:



- El oferente deberá disponer de un sistema de gestión de la calidad según la normativa ***ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad o equivalente***.
- Adicionalmente a la aplicación de la normativa expuesta en los puntos anteriores y diferentes reseñas a normativa realizada a lo largo de este PPT, los equipos deberán estar conforme a cualquier normativa, disposición legal o reglamentaria que le fuera de aplicación.

El oferente deberá indicar cualquier diferencia existente entre este Pliego y sus códigos y normas de referencia. En caso de desacuerdo entre los requisitos citados en este Pliego y los códigos y normas aplicables, o con la reglamentación española, se aplicará el criterio más restrictivo con necesidad de comunicación por escrito a METRO.

El CONTRATISTA deberá entregar todos los certificados de cumplimiento de las normativas anteriormente especificadas en castellano. En caso de que se detecte un incumplimiento de algún punto de las normativas, el CONTRATISTA deberá modificar los equipos para que cumplan con la normativa aplicable.

Todas las prescripciones y especificaciones técnicas que se formulen en el presente pliego por referencia a cualesquiera de las tipologías normativas recogidas por el artículo 60.3 b) de la Directiva 2014/25/UE, de 26 de febrero, sobre Contratación Pública, habrán de entenderse hechas también a sus equivalentes, correspondiendo al licitador acreditar dicha equivalencia en la forma establecida en el artículo 60.5 de la mencionada Directiva.

9 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Se indica a continuación, de forma no limitativa, la documentación en castellano a entregar con carácter posterior a la adjudicación.

- Planos definitivos de la obra civil, si la hubiera.
- Especificaciones técnicas definitivas. En la especificación técnica de los equipos debe incluirse la Evaluación de Riesgos del mismo, con las inclusiones siguientes:
 - Los requisitos esenciales de seguridad y salud de aplicación a los equipos.
 - Medidas preventivas para reducir riesgos.
- Ficha técnica (información sobre potencia, presión, caudales, temperaturas, tolerancias, etc.).
- Planos detallados de los equipos.
- Interfaces. Necesidades de suministro eléctrico, neumático y descripción de aplicaciones y equipos informáticos, ...
- Manual de operación y descripción del funcionamiento.
- Instrucciones de seguridad y precauciones específicas.
- Plan de mantenimiento y de calibración. El plan de mantenimiento deberá incluir las revisiones periódicas a realizar sobre los equipos a presión constituyentes de los equipos de pruebas (detallando los elementos de los equipos que les sea de aplicación) y cuyo mantenimiento legal sea de obligado cumplimiento según requerimientos del **Real Decreto 2060/2008** de 12 de diciembre, por el que se aprueba **Reglamento de equipos a presión e instrucciones técnicas complementarias**.
- Manual de instalación.
- Manual de izado y transporte de los equipos dentro del taller
- Procedimientos de pruebas en fábrica (FAT), y en destino final (SAT, commissioning).
- Planos de los equipos y de los accesorios en 2D en formato .CAD y .pdf y 3D en formato .stp. final.
- Planos de fabricación de utillajes.
- Esquemas eléctricos y de control, esquemas neumáticos e hidráulicos.
- Listado de entradas y salidas (digitales y analógicas).
- Listado y especificaciones del Hardware usado en el control de los equipos.
- Documentación de controles, comprobaciones y verificaciones.

- Interfaces (necesidades de suministro eléctrico, neumático y descripción de aplicaciones y equipos informáticos, ...).
- Certificados de calibración de todos los componentes que apliquen.
- Documentación de mantenimiento legal de la máquina (reglamentaciones de ámbito estatal o autonómico, periodicidades, consistencias y gestiones administrativas a formalizar en cada caso).
- Esquemas de los subconjuntos mecánicos con nomenclaturas.
- Listado con referencias comerciales de todos los componentes
- Catálogos comerciales de los aparatos y equipamiento instalado en los equipos.
- Listado de herramientas especiales y útiles suministrados con los equipos.
- Documentación de software: Metro de Madrid aportará unas plantillas donde el adjudicatario deberá incluir la información. Los documentos a entregar serán los siguientes:
 - Catálogo de Requisitos.
 - Documento de Análisis Funcional.
 - Manual Común de Arquitectura.
 - Documento de Diseño Técnico.
 - Manuales de Explotación de los aplicativos. Manual aplicación web y manual aplicación local.
 - Plan de Pruebas.
 - Manual de Mantenimiento del desarrollo.
 - Plan de Paso a pre-producción/producción.
- Código fuente de los software desarrollados.
- Licencia de uso del software para toda la vida útil de los equipos. Las licencias deberán poderse instalar en cada equipo, no se aceptará que la licencia esté conectada de forma permanente con soportes físicos.
- Como documentación a aportar referente al marcado CE se exigirá la entrega de la siguiente documentación:

- Expediente Técnico del producto según exigencias incluidas en el Anexo VII parte A del RD 1644/2008.
- Declaración de Conformidad CE emitida y firmada por el fabricante.
- Homologaciones.
- Todos los certificados necesarios para el uso de los equipos.
- Certificado según el RD 1215/1997 anexo I y II, así como los informes de evaluación del organismo acreditado por ENAC donde se recoja la información de las inspecciones y análisis de riesgos de los equipos, así como de los accesorios, útiles y carros existentes.

Conviene señalar que la entrega de documentación técnica será condición necesaria para formalizar la Recepción Definitiva.

10 REPUESTOS

El Contratista aportará una lista de los repuestos recomendados para las operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos para un período de cinco (5) años. Por otro lado, el fabricante se comprometerá a mantener la disponibilidad de estos repuestos por un período no inferior a 10 años.

El CONTRATISTA deberá suministrar un juego de repuestos para el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos para un periodo de cinco (5) años.

Los repuestos deberán incluir, por equipo, una (1) unidad de Autómata con el programa cargado (más accesorios) en caso de optar por una solución basada en Autómata programable, tal y como se especifica en el apartado 5.4.3 Interfaz de E/S.

11 GARANTÍA

Periodo de garantía. El Contratista garantizará el cumplimiento de todas las características ofertadas durante un tiempo que nunca será inferior a dos (2) años. Este periodo comenzará a contarse desde la finalización satisfactoria de la recepción provisional en instalaciones de METRO DE MADRID, S.A.

**ANEXO I - LÍNEA BASE DE LA CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO
TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE METRO DE
MADRID (v1.12)**