



*PROJECTE D'AMPLIACIÓ DE LA PLANTA DE DIGESTIÓ ANAERÒBIA I COMPOSTATGE DEL CENTRE COMARCAL DE TRACTAMENT DE RESIDUS DEL VALLÈS ORIENTAL*

---

**PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES CONTRACTACIÓ DE L'ENGINYERIA DE DISSENY, SUBMINISTRAMENT, MUNTATGE I POSADA EN SSERVEI DELS EQUIPS D'ASSECATGE TÈRMIC DE REBUIGS GENERATS AL PROCÉS DE PRE-TRACTAMENT SEC I HUMIT, PER AL CENTRE COMARCAL DE TRACTAMENT DE RESIDUS DEL VALLÈS ORIENTAL**

**ANNEX 1. ESPECIFICACIÓ TÈCNICA GENERAL  
P576.00.T.X.002.1**

## Aprovació de document

	Nom	Data
Preparat per:	Joan E. Clarà/Antonio Gil/Javier Varón	02/11/2022
Revisat per:	Xavier Muñoz	04/11/2022
Aprovat per:	Fernando Sánchez	07/11/2022

## Registre de revisió de document

Revisió no	Data	Detalls de les revisions	Preparat per	Revisat per	Aprovat per
0	04/11/2022	Edició	JEC/AG/JV	XM	FS

### AVIS LEGAL

© 2024 Recuperación de Energía SAU. Tots els drets reservats.

Aquest document i els documents que l'acompanyen contenen informació confidencial i estan destinats únicament a l'ús del Consorci per a la Gestió dels Residus del Vallès Oriental. Si no és un dels destinataris previstos, qualsevol divulgació, còpia, distribució o acció presa basant-se en el contingut de la informació està estrictament prohibida.

Excepte acord exprés, qualsevol reproducció del material d'aquest document haurà de sol·licitar i autoritzar-se per escrit a Recuperación de Energía SAU. La reproducció autoritzada de material ha d'incloure tots els avisos de drets d'autor i propietat de la mateixa forma i manera que l'original i no ha de ser modificada de cap manera. El reconeixement de la font del material també s'ha d'incloure en totes les referències.

<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>7</b>
<b>2. REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES .....</b>	<b>8</b>
2.1. Normativa y códigos.....	8
2.2. Unidades .....	10
2.3. Estandarización.....	11
2.4. Codificación y etiquetado .....	11
2.5. Marcaje y etiquetado de embalajes. ....	13
2.6. Materiales.....	13
2.6.1. Normativa y códigos aplicables.....	13
2.6.2. Requerimientos generales .....	13
2.7. Señalización.....	14
2.7.1. Normativa y códigos aplicables.....	14
2.7.2. General.....	14
2.8. Zonas peligrosas .....	16
2.8.1. Normativa y códigos aplicables.....	16
2.9. Accesibilidad .....	16
2.9.1. General.....	16
2.9.2. Normativa y códigos aplicables.....	16
2.9.3. Requisitos.....	16
2.9.4. General.....	18
2.10. Vibraciones de equipos rotativos.....	19
2.10.1. General.....	19
2.10.2. Normativa y códigos aplicables.....	19
2.10.3. Otros equipos rotativos.....	20
2.11. Ruido .....	20
<b>3. EQUIPOS MECÁNICOS .....</b>	<b>22</b>
3.1. Bombas.....	22
3.1.1. Normativa y códigos aplicables.....	22
3.1.2. General.....	22
3.1.3. Diseño y construcción genéricos.....	22
3.2. Ventiladores centrífugos.....	25
3.2.1. Normativa y códigos aplicables.....	25
3.2.2. Requisitos técnicos .....	26
3.2.3. Carcasa.....	27
3.2.4. Rodete y eje.....	27
3.2.5. Lubricación.....	27

3.2.6. Cojinetes .....	28
3.2.7. Vibración.....	28
3.2.8. Accionamiento.....	28
3.2.9. Ruido.....	29
3.3. Tuberías .....	29
3.3.1. Normativa y códigos aplicables.....	29
3.3.2. Disposiciones Generales.....	29
3.3.3. Espacios y Accesibilidad.....	30
3.3.4. Bases de diseño.....	32
3.3.5. Corrosiones permitidas.....	33
3.3.6. Detalles de diseño.....	33
3.3.7. Directrices para sistemas de proceso.....	41
3.3.8. Directrices para sistemas de servicios.....	47
3.4. Recipientes a presión.....	49
3.4.1. Normativa y códigos aplicables.....	49
3.4.2. General.....	50
3.5. Intercambiadores de calor .....	51
3.6. Aislamiento térmico .....	53
3.6.1. Normativa y códigos aplicables.....	53
3.6.2. General.....	53
<b>4. EQUIPOS ELÉCTRICOS .....</b>	<b>58</b>
4.1. Centros de control de motores (CCM's).....	58
4.2. Cuadros locales.....	62
4.3. Botoneras locales de mantenimiento.....	65
4.4. Botoneras locales de emergencia.....	65
4.5. Interruptores de tirón de emergencia.....	66
4.6. Motores eléctricos.....	66
4.7. Variadores de frecuencia.....	69
4.8. Cableado.....	73
4.8.1. Cables de baja tensión.....	73
4.9. Conducciones eléctricas.....	76
4.9.1. Bandejas.....	76
4.9.2. Tubos conduit.....	77
4.9.3. Prensaestopas.....	78
4.10. Red de tierras.....	78
<b>5. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>79</b>
5.1. Instrumentación.....	79

5.2.	Cuadros de control.....	84
5.2.1.	<i>Características constructivas</i> .....	84
5.2.2.	<i>Distribución interior</i> .....	84
5.2.3.	<i>Accesorios</i> .....	85
5.2.4.	<i>Identificación de cuadros y de aparellaje</i> .....	85
5.2.5.	<i>Puesta a tierra</i> .....	85
5.2.6.	<i>Cableado y conducciones</i> .....	86
5.2.7.	<i>Bornas y señales</i> .....	86
5.2.8.	<i>Relés multiplicadores y de seguridad</i> .....	87
5.2.9.	<i>Acometidas eléctricas</i> .....	88
5.2.10.	<i>Alimentación de instrumentos y otros equipos externos</i> .....	88
5.2.11.	<i>Fuentes de alimentación a 24 Vcc.</i> .....	89
5.2.12.	<i>Equipos de control</i> .....	89
5.2.13.	<i>Programación de los equipos de control</i> .....	91
<b>6.</b>	<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS .....</b>	<b>93</b>
6.1.	Consideraciones a tener en cuenta para el diseño y cálculo de las estructuras.....	93
6.1.1.	<i>Normativa aplicable</i> .....	93
6.1.2.	<i>Características de los materiales</i> .....	95
6.2.	Durabilidad.....	95
6.3.	Ejecución.....	95
6.4.	Tolerancias admisibles.....	95
6.5.	Características generales de las estructuras.....	95
6.5.1.	<i>Características de los elementos</i> .....	96
6.5.2.	<i>Plataformas y pasarelas</i> .....	97
6.5.3.	<i>Escaleras</i> .....	100
6.5.4.	<i>Escaleras fijas</i> .....	102
6.5.5.	<i>Tornillería</i> .....	104
6.5.6.	<i>Soldaduras</i> .....	104
6.5.7.	<i>Elementos de anclaje</i> .....	105
6.6.	Planos.....	106
<b>7.</b>	<b>PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN, RECUBRIMIENTO Y GALVANIZACIÓN .....</b>	<b>117</b>
7.1.	General.....	117
7.2.	Normativa y códigos aplicables.....	117
7.3.	Clasificación acorde a las cargas de corrosión.....	118
7.4.	Durabilidad .....	121
7.5.	Preparación superficial y limpieza de superficies.....	121
7.6.	Desoxidación mediante método de chorro de arena.....	121
7.7.	Limpieza realizada "in situ" .....	122

7.8.	Limpieza de las capas de imprimación e intermedias .....	122
7.9.	Determinación del espesor del revestimiento utilizando EN ISO 12944-5 .....	123
	7.9.1. Procedimiento de aplicación del recubrimiento .....	126
7.10.	Galvanización .....	127
7.11.	Limpieza previa y protección del equipo de la planta .....	128
<b>8.</b>	<b>MONTAJE EN OBRA .....</b>	<b>130</b>
8.1.	Objeto.....	130
8.2.	Alcance de aplicación.....	130
8.3.	Excepciones de aplicación.....	130
8.4.	Responsabilidades del Contratista.....	130
	8.4.1. Empresas constructoras y de montaje en obra.....	130
	8.4.2. Instalaciones auxiliares durante la construcción / montaje.....	131
	8.4.3. Planificación de la construcción y programa de trabajos.....	132
	8.4.4. Medios humanos.....	133
	8.4.5. Medios auxiliares de montaje.....	134
	8.4.6. Materiales.....	135
8.5.	Estructuras metálicas.....	136
	8.5.1. Transporte.....	136
	8.5.2. Almacenamiento y acopio en obra.....	136
	8.5.3. Montaje.....	136
	8.5.4. Inspección y control.....	139
8.6.	Conductos para aire y gases.....	139
	8.6.1. Transporte.....	139
	8.6.2. Almacenamiento y acopio en obra.....	140
	8.6.3. Montaje.....	140
	8.6.4. Inspección y control.....	142
8.7.	Tuberías (vapor, agua, aire comprimido y otros).....	143
	8.7.1. Recepción en obras de tuberías.....	143
	8.7.2. Taller de prefabricación en obra.....	144
	8.7.3. Personal.....	144
	8.7.4. Fabricación de tuberías en obra.....	144
	8.7.5. Uniones.....	147
	8.7.6. Soportes de tuberías.....	148
	8.7.7. Reparación de defectos en tuberías y soldaduras.....	149
	8.7.8. Inspección y control.....	149
	8.7.9. Limpieza de tuberías.....	154

## 1. ANTECEDENTES

Este documento consiste en una especificación técnica funcional, que define el alcance mínimo de las obras y servicios y los requisitos técnicos que deben considerarse en todas las etapas de cualquier proyecto industrial, en particular, el Proyecto de Ampliación de la Planta de Digestió Anaeròbia i Compostatge del Centre Comarcal de Tractament de Residus del Vallès Oriental. Se observarán las siguientes indicaciones, informaciones y requisitos técnicos para el diseño, la ingeniería, la fabricación, la adquisición, la construcción, la puesta en marcha y las pruebas, en la medida en que sean aplicables a todos los equipos que se vayan a entregar.

Todas las instrucciones, recomendaciones y requisitos proporcionados son aplicables a menos que vayan en contra o sean menos restrictivos que cualquier ley, norma y/o especificación técnica particular aplicable.

Por lo tanto, la jerarquía de los documentos es:

- [1] Las directivas europeas y la legislación española.
- [2] Normas internacionales y nacionales aplicables.
- [3] Documentación técnica de la licitación. Especificaciones técnicas particulares
- [4] Especificaciones técnicas generales.

El presente documento se divide en diferentes secciones, organizadas de la siguiente manera:

- Requisitos técnicos generales, que incluyen, entre otras normas y códigos, sistema de codificación, marcado y etiquetado, protección contra la corrosión, accesibilidad, zonas peligrosas y protección contra incendios.
- Equipo mecánico, incluyendo bombas, tuberías, soldadura, aislamiento térmico, recipientes o intercambiadores de calor.
- Equipo eléctrico, como motores, actuadores, variadores de velocidad y cableado.
- Equipo de automatización y control de procesos.
- Especificaciones de estructuras de acero.

## 2. REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES

Por defecto, las Normas Internacionales definidas en estas Especificaciones Técnicas Generales (ETG) son aplicables a todos los Proyectos Industriales. En caso de que exista un requisito más específico, se describirá en las siguientes secciones de estas Especificaciones Técnicas. Además, si se necesita un requisito más específico, se describirá en los Requisitos Específicos del proyecto en particular.

El Contratista entregará el sistema y demostrará su rendimiento mientras lo utiliza el personal del operador bajo la supervisión del Contratista, incluida la capacitación del personal del operador y del personal de conformidad con las prácticas de funcionamiento y mantenimiento, realizando todas las pruebas definidas en el Contrato.

El Contratista aceptará la plena responsabilidad por la integridad de la Obra. Éstas se ejecutarán sobre la base de principios de diseño comprobados y de conformidad con las buenas prácticas de la industria.

La Obra cumplirá en todos los aspectos con toda la legislación pertinente. Éstos se ejecutarán de tal manera que las reparaciones y las revisiones puedan llevarse a cabo en un plazo razonable. En la medida de lo posible, se empleará la normalización en el diseño. Se velará por la seguridad del funcionamiento y la sencillez del montaje y el desmontaje de todas las partes de la planta.

Sólo se incorporarán a la Planta y sus sistemas asociados diseños de sistemas, equipos y materiales de probada eficacia y fiabilidad en aplicaciones similares.

### 2.1. Normativa y códigos

Los proyectos deben realizarse de conformidad con los códigos, normas y reglamentos internacionales pertinentes más recientes, así como con las normas y reglamentos locales.

Cuando no se especifique en el contrato, se utilizarán las normas y códigos internacionales o locales vigentes en la fecha para el diseño, la construcción, las pruebas, etc. de los diversos elementos del sistema.

Todos los materiales y equipos suministrados y todos los trabajos realizados, así como las hojas de cálculo, los planos, la calidad y la clase de los bienes, los métodos de inspección, las características específicas de diseño de los equipos y las piezas y las aceptaciones de plantas parciales deberán ajustarse en todos los aspectos a los códigos técnicos.

El proyecto cumplirá los siguientes requisitos:

- Los códigos que se utilizarán serán preferentemente los de las normas ISO, IEC e internacionales que se enumeran a continuación y que se especifican en las diferentes secciones de esta especificación.



- Aplicación obligatoria de las normas y reglamentos locales específicamente relacionados con el medio ambiente, la protección contra incendios y explosiones, la salud y la seguridad del personal y las obras.
- También podrán utilizarse códigos y normas de otros países, siempre que sean tan o más rigurosos que las normas antes mencionadas, lo cual deberá ser aprobado por el Contratista. Esas normas se presentarán en la edición en inglés para su aprobación por la Propiedad. El Contratista tiene la obligación de presentar dos conjuntos completos de cada norma (la última versión) utilizada por el Contratista. Se señala a la atención el hecho de que las traducciones, si las hubiere, deberán ser autenticadas por una institución normalizada reconocida (DIN, VDE, BSI, etc.). La Propiedad se reserva el derecho de rechazar las traducciones que no sean de calidad aceptable.
- En caso de que los códigos y normas pertinentes (en particular las normas internacionales y locales) entren en conflicto entre sí, prevalecerá el código más estricto.

Los siguientes estándares internacionales podrán ser utilizados:

- ISO (International Organization for Standardization)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- EN (European Norms)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- UNE EN o UNE (Norma Española de la "Asociación Española de Normalización")
- BS (British Standards Institute)
- DIN EN or DIN standards (German Standards Institute)
- VGB guidelines, codes etc. (Federation of Large Boiler Employers)
- VDI guidelines, codes (Association of German Engineers)
- VDE guidelines, codes (Association of Electrical and Electronics)
- ANSI (American National Standard Institute)
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)
- ASME (American Society of Mechanical Engineers)
- ASTM (American Society for Testing and Materials)
- API (American Petroleum Institute)
- TEMA (Tubular Exchanger Manufacturer's Association)
- JIS (Japanese Industrial Standards)
- NEMA (National Electrical Manufacturers' Association)
- NESC (National Electrical Safety Code)
- NFPA (National Fire Protection Association)
- ISA (Instrument Society of America)
- HEI (Heat Exchange Institute).

Debe haber una definición de las normas, códigos, reglamentos, directivas y directrices aplicables. Preferentemente se aplicará una norma en todo el proyecto. En caso de que se apliquen normas diferentes, por ejemplo, en las interfaces entre dos subsistemas, esto deberá ser aprobado por la Propiedad.

El diseño, el cálculo, la selección de materiales, la fabricación, el montaje, las pruebas, etc. seguirán la misma norma.

Los sistemas y programas de control de calidad se ajustarán a la familia de normas ISO 9000.

El Contratista pondrá a disposición de la Propiedad, o del representante de la Propiedad, cuando sea necesario, la norma aplicable para la ejecución de los trabajos.

## 2.2. Unidades

El Contrato se llevará a cabo en las Unidades del Sistema Internacional (IS) de acuerdo con las disposiciones de la norma ISO 80000.

En toda la correspondencia, fichas técnicas, dibujos y escalas de instrumentos, se utilizarán las siguientes unidades:

Cantidad	Nombre de la unidad	Símbolo
Longitud	Milímetro	mm
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Temperatura	Grado Celsius	°C
Diferencia de Temperatura	Kelvin	K
Corriente eléctrica	Ampere	A
Intensidad Luminosidad	Candela	cd
Área	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	Metro cúbico Litro	m <sup>3</sup> l
Fuerza	Newton	N
Presión	Bar	bar
Presión inferior a 1 bar	Millibar	mbar
Presión	Newton por milímetro cuadrado	N/mm <sup>2</sup>
Velocidad	Metro por segundo	m/s
Velocidad de rotación	Revolución por minuto	rpm
Caudal	Metro cúbico por día Metro cúbico por hora Kilogramo por hora Litros por segundo Tonelada métrica por hora	m <sup>3</sup> /d m <sup>3</sup> /h kg/h l/s Mg/h
	Substancias gaseosas: metro cúbico Normal por hora (referido a 0 °C y 1013 mbar)	Nm <sup>3</sup> /h
densidad	Kilogramo por metro cúbico Kilogramo por metro cúbico estándar	kg/m <sup>3</sup> kg/Nm <sup>3</sup>
Momento, par	Newton metro	Nm
Momento de inercia (mr <sup>2</sup> )	Kilogramo metro cuadrado	kgm <sup>2</sup>
Energía, trabajo o calor	Joule	J
Capacidad calorífica, entropía	Joule por Kelvin	J/K
Capacidad calorífica específica, Entropía específica	Joule por kilogramo Kelvin	J/kgK
Valor calorífico, entalpía	Joule por metro cúbico Joule por gramo	J/m <sup>3</sup> J/g
Potencia, flujo radiante	Watt	W
Tasa liberación calor	Watt por metro cuadrado	W/m <sup>2</sup>
Conductividad térmica	Watt por metro y Kelvin	W/mK
Viscosidad dinámica	Newton segundo por metro cuadrado	Ns/m <sup>2</sup>
Viscosidad cinemática	Metro cuadrado por segundo	m <sup>2</sup> /s
Tensión superficial	Newton por metro	N/m

Cantidad	Nombre de la unidad	Símbolo
Concentración	Partes por millón miligramo por metro cubico normal	ppm mg/Nm <sup>3</sup>
Conductividad eléctrica	Microsiemens por metro a25 °C	μS/m
Frecuencia	Hertz	Hz
Carga eléctrica	Coulomb	C
Potencial eléctrico	Volt	V
Fuerza del campo eléctrico	Volt per meter	V/m
Capacitancia eléctrica	Farad	F
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω
Conductividad	Siemens	S
Flujo magnético	Weber	Wb
Densidad del flujo magnético	Tesla	T
Fuerza del flujo magnético	Amperio por metro	A/m
Flujo luminoso	Lumen	lm
Iluminancia	Lux	lx
Resistividad térmica	Kelvin meter per Watt	km/W
Energía	Kilowatt hora	kWh

### 2.3. Estandarización

El equipamiento debe ser estandarizarse en la medida de lo posible.

Todo el equipo que realice tareas similares deberá ser del mismo tipo y fabricación a fin de limitar las existencias de piezas de repuesto necesarias y mantener la uniformidad de la planta y el equipo que se vaya a instalar. En particular, se reducirá al mínimo el número de tipos y fabricantes de actuadores, válvulas e instrumentos.

Si un equipo está presente varias veces, todas estas piezas serán idénticas. Todas sus partes constitutivas deberán ser intercambiables entre sí.

### 2.4. Codificación y etiquetado

El Contratista deberá aplicar un sistema de identificación que muestre el nombre y el número (o código) de cada elemento de la planta y su respectivo número de plano de disposición y añadir los elementos adicionales que sean necesarios para identificar plenamente la planta. La identificación y numeración de los sistemas, equipos y elementos de suministro, etc., así como de todos los documentos y planos, se hará de conformidad con las Especificaciones particulares de los equipos.

Sólo habrá una descripción para cada elemento de la Planta y ésta debe ser usada de manera consistente en toda la Planta, designaciones mecánicas, eléctricas y de instrumentación.

Todos los sistemas deberán estar correctamente etiquetados: Placas de identificación de los elementos de la Planta (sistemas, equipos, válvulas, instrumentos, armarios eléctricos y de control,

tuberías, cables), placa de identificación de equipo del fabricante, placas de instrucciones y de advertencia necesarias para la identificación y el funcionamiento seguro del sistema.

Todas las etiquetas, placas de identificación, placas de instrucciones y de advertencia estarán fijadas de forma segura a elementos estructurales de la planta.

De forma general, los sistemas, equipos, válvulas, instrumentos, armarios eléctricos y de control dispondrán de una placa de identificación a instalar sobre ellos o junto a ellos de plástico laminado con fondo negro y caracteres grabados –o sistema equivalente que impida el borrado de los caracteres- en blanco correspondientes al código de identificación (TAG) del elemento. Las dimensiones estándar de la placa serán 100 mm x 40 mm, aunque podrán acordarse otras medidas entre el Contratista y la Propiedad. Las placas deberán ser capaces de permanecer fijadas durante la vida útil definida del equipo.

Las placas de aviso de peligro se fabricarán en acero inoxidable o aluminio con letras rojas y blancas grabadas sobre un fondo blanco y se colocarán en la posición en la que ofrezcan la máxima legibilidad y seguridad al personal. El uso de adhesivos no está permitido.

Todo el equipo dentro de paneles y armarios será identificado individualmente por etiquetas de acero inoxidable o aluminio con acabado satinado o mate, o etiquetas de plástico laminado si éste tipo es aprobado por la Dirección de Obra y el Contratista.

Cada cuadro de interruptores, paneles de control eléctrico, armarios de relés, etc., tendrá una etiqueta de designación de circuito en la parte delantera grabada con letras negras de acuerdo con el sistema de designación de circuito. Las designaciones de los circuitos deben ser precisas y transmitir una información completa. No debe haber duda alguna para los operadores en relación a qué área de la Planta está suministrando energía un determinado circuito.

Los sistemas de tuberías se identificarán con un código de color/sistema de identificación de toda la Planta de conformidad con los requisitos de la Propiedad. Cuando varias tuberías de derivación converjan en una tubería principal, cada derivación se identificará con una etiqueta.

Además de la identificación común, cada válvula e instrumento estará provisto de una placa de identificación de fábrica, de acero inoxidable o aluminio que indique, como mínimo, el servicio a que se destina y el código de referencia de acuerdo con el sistema de designación seleccionado para la planta, así como eventualmente, otras características de fabricación.

Siempre que sea posible, las placas de identificación de válvulas e instrumentos serán circulares y se colocarán debajo de la tuerca cautiva del volante (en válvulas). Deberán tener un diámetro tal que no represente un peligro para las personas que operen la válvula o que no impida el cierre de la misma. Las válvulas de retención y las válvulas pequeñas pueden tener placas rectangulares colocadas en soportes de la válvula o fijadas a una pared o a una estructura de acero en una posición conveniente adyacente a la válvula.

## 2.5. Marcaje y etiquetado de embalajes.

Cada caja o paquete debe contener una lista de embalaje en un sobre impermeable. Todos los artículos de material deben estar claramente marcados para su fácil identificación por medio de la lista de embalaje ("packing list").

Todas las cajas, paquetes, etc. deben estar claramente marcados en el exterior para indicar el peso total, el lugar donde se encuentra el peso y la posición correcta de las eslingas y deben llevar una marca de identificación que los relacione con los documentos de embarque apropiados.

Todas las marcas de plantilla en la parte exterior de las cajas se harán en material impermeable o se protegerán con goma laca o barniz para evitar que se borren durante el transporte.

## 2.6. Materiales

### 2.6.1. Normativa y códigos aplicables

La normativa aplicable incluye:

- EN 10204, Productos metálicos - Tipos de documentos de inspección
- DIN 488-2, Aceros de refuerzo-Barras de acero de refuerzo
- ISO 17660, Soldeo. Soldeo de armaduras de acero
- EN 1993 (Eurocódigo 3), Diseño de estructuras de acero - Parte 1-11: Diseño de estructuras con componentes de tensión
- EN 1090, Ejecución de estructuras de acero y aluminio
- ISO 12944, Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores

### 2.6.2. Requerimientos generales

Todos los materiales deberán ser nuevos y de la mejor calidad para su uso en las condiciones y las variaciones de temperatura, presión y medios (por ejemplo, la corrosividad) que se encontrarán en servicio sin distorsiones o deterioros indebidos o el establecimiento de tensiones indebidas en cualquier parte que puedan afectar a la eficiencia y fiabilidad de la Planta.

Todos los materiales corresponderán a normas aprobadas y al respectivo número de código o a los datos exactos de análisis, y se presentará una información completa sobre las propiedades y el tratamiento térmico, químico y mecánico aplicado.

Se prestará especial atención a la eliminación de la posibilidad de corrosión resultante de los efectos galvánicos. El diseño, la selección de los materiales y todos los métodos de montaje deberán ser tales que reduzcan al mínimo estos efectos.

Para el diseño y la construcción se deben utilizar materiales que cumplan con los códigos y normas que se enumeran a continuación.

A menos que los materiales cumplan estos códigos y normas, estarán sujetos a la aprobación de la Propiedad.

De forma general la fundición gris no se aceptará, a no ser que forme parte de piezas o elementos estándar de equipamiento tecnológico probado, o bien de piezas fabricadas en serie. En otros casos será necesario contar con la aprobación explícita de la Propiedad.

El uso de amianto está prohibido.

Todos los materiales plásticos, como el PVC y el PEAD, que estén expuestos al sol, deberán estar provistos de una pintura de protección para asegurar una adecuada resistencia a la radiación UV.

Todos los materiales sujetos a presión, así como todos los materiales aleados, estén o no sujetos a presión, deben ser provistos de certificados de prueba de fábrica que den el análisis químico completo, las propiedades físicas, la prueba y el tratamiento térmico (certificado mínimo EN 10204 3.1. B). Las excepciones tienen que ser limitadas y se acordarán mutuamente con la Propiedad durante la etapa de ingeniería de detalle.

Durante todo el proceso de fabricación, todos los componentes deben ser trazables mediante registros de marcado bien gestionados, y los certificados originales deben estar disponibles.

La selección de los aceros austeníticos/ferríticos/martensíticos de acuerdo con su temperatura máxima de vapor de operación deberá garantizar la formación segura de capas de óxido en el lado del vapor, de modo que los materiales no presenten un crecimiento excesivo del espesor de la capa de óxido durante su período de vida útil.

## 2.7. Señalización

### 2.7.1. Normativa y códigos aplicables

La normativa aplicable incluye:

- ISO 3864, Símbolos gráficos -- Colores y señales de seguridad

### 2.7.2. General

Los colores de seguridad, los símbolos de seguridad y las señales de seguridad deben cumplir en su construcción, forma geométrica, color y significado con la ISO 3864.

Los signos para la identificación de la planta durante el período de construcción deben ser aprobados por la Propiedad.

Los signos deben ser de un material resistente a la intemperie y de suficiente durabilidad para las condiciones que prevalecen en el sitio.

**Montaje e instalación**

Las posiciones de los signos deben elegirse de manera que estén dentro del campo de visión de las personas a las que se aplican. Los signos deben estar permanentemente fijados. Las zonas temporalmente peligrosas (por ejemplo, las zonas de construcción, las zonas de reunión) también pueden estar marcadas por señales móviles. Los signos de seguridad deben montarse o instalarse de manera que no haya posibilidad de malentendidos.

**Señales de información**

Los letreros informativos deben proporcionar la información necesaria para que el personal se familiarice con la disposición física y la estructura del lugar, los edificios y el equipo, por ejemplo, los números de piso, las capacidades de carga, incluida la marcación de las superficies de los pisos, las cargas de trabajo de las grúas, los aparatos de elevación y los ascensores, la identificación de las salas, etc. El trazado de las tuberías y cables subterráneos debe indicarse mediante importantes bloques de marcadores que muestren los números de identificación pertinentes.

En caso de que las señales de información no estén contempladas en las normas de la ISO para determinadas situaciones, se debe considerar la posibilidad de utilizar pictogramas. Los pictogramas son especialmente adecuados para la identificación de habitaciones, zonas y edificios en las zonas no técnicas de la Planta, edificios sanitarios y de servicios, etc.

**Señales de emergencia**

En caso de accidente, toda la información necesaria debe estar disponible inmediatamente para los afectados. Así pues, debe instalarse un número suficiente de señales de tamaño apropiado, por ejemplo, vías de escape (incluida la señalización de las superficies de los pisos), salidas de emergencia, alarmas de incendio, extintores, instrucciones para los agentes especiales de extinción de incendios, advertencias contra los agentes de extinción de incendios (CO<sub>2</sub>), equipo de primeros auxilios, puntos de primeros auxilios, puntos de notificación de accidentes, teléfonos, etc.

**Señales obligatorias**

Los carteles que indican las acciones obligatorias deben instalarse en todos los lugares donde sea necesario realizar ciertas acciones, por ejemplo, no obstruir la entrada, mantenerse a la derecha, etc.

Las señales también deben indicar cuándo es necesario y obligatorio el uso de ropa y equipo de protección, por ejemplo, gafas protectoras, ropa de protección, cascos, protectores de cabeza, equipo de respiración, orejeras, etc.

**Señales de advertencia**

Las señales de advertencia deben referirse a la existencia o posible existencia de peligro, por ejemplo, sustancias inflamables, sustancias explosivas, sustancias corrosivas o nocivas, cargas suspendidas, peligro general, restricción de anchura/altura, pasos, riesgo de atrapamiento, resbalones, caídas, etc.

Además de las señales de advertencia, cuando sea necesario se utilizarán también marcas de franjas negras y amarillas apropiadas.

## 2.8. Zonas peligrosas

### 2.8.1. Normativa y códigos aplicables

La normativa aplicable es:

- EN 60079, Atmósferas explosivas

## 2.9. Accesibilidad

### 2.9.1. General

En esta sección se especifican los requisitos que deberá cumplir el Contratista en cuanto a la accesibilidad dentro de los diferentes espacios de la planta, así como las escaleras, plataformas y la seguridad asociada a esos componentes.

### 2.9.2. Normativa y códigos aplicables

La normativa aplicable incluye:

- ISO 14122-1, Seguridad de las máquinas - Medios de acceso permanente a las máquinas - Parte 1: Elección de los medios fijos y requisitos generales de acceso
- ISO 14122-2, Seguridad de las máquinas - Medios de acceso permanente a las máquinas - Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas
- ISO 14122-3, Seguridad de las máquinas - Medios de acceso permanente a las máquinas - Parte 3: Escaleras, escaleras de mano y barandillas de seguridad
- ISO 14122-4, Seguridad de las máquinas - Medios de acceso permanente a las máquinas - Parte 4: Escalera fija
- DIN 51130, Prueba de revestimientos de suelo - Determinación de la propiedad antideslizante - Salas de trabajo y campos de actividades con peligro de resbalones - Método de caminar - Prueba de rampa

### 2.9.3. Requisitos

La planta estará equipada con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento y mantenimiento seguro y eficiente, de acuerdo con la reglamentación aplicable pertinente.

Se cumplirán los siguientes requisitos:

- Todos los aspectos de las plataformas, escaleras, escalas y otras vías de acceso deberán cumplir los requisitos de las normas EN ISO aplicables.
- Todas las plataformas están provistas de pasamanos, zócalos y escaleras de acceso
- Las partes giratorias accesibles al personal están protegidas por rejillas o cubiertas, de conformidad con los reglamentos aplicables.



- Siempre que sea apropiado, se proporcionarán puntos fijos para la elevación o el levantamiento del equipo, a fin de facilitar el desmantelamiento del equipo, siempre que sea posible se evitarán las escaleras y se instalarán escaleras
- Se instalarán plataformas de enrejado o chapa ondulada, pasarelas y escaleras e instalaciones auxiliares como escaleras, ascensores hidráulicos, que permitan el acceso seguro a las válvulas, instrumentos y equipos utilizados en el funcionamiento y el mantenimiento diarios y para el mantenimiento o el desmantelamiento planificado. El acceso deberá ser adecuado para el funcionamiento y mantenimiento seguro y ergonómico
- Tipo de suelo: los peldaños de las escaleras y los pasamanos deben tener un patrón uniforme en toda la planta.
- Los criterios sobre el proceso de diseño y la elección del tipo de escalera en todo el proyecto industrial están definidos en la norma EN 14122-1, y se cumplirán en toda la planta.
- Los criterios sobre el proceso de diseño y la elección del tipo de plataformas en todo el proyecto industrial se definen en la norma EN 14122-2, y se cumplirán en toda la planta.
- Los criterios sobre el proceso de diseño y elección del tipo de escaleras en las diferentes máquinas se definen en la norma EN 14122-3, y se cumplirán en toda la planta.
- Los criterios sobre el proceso de diseño y elección del tipo de escaleras fijas en las diferentes máquinas se definen en la norma EN 14122-4, y se cumplirán en toda la planta.
- Despeje horizontal: Todas las pasarelas y escaleras deberán tener una anchura mínima de 1000 mm. Los descansos de las escaleras en dirección a la escalera serán de 1100 mm. Se mantendrá una distancia de 75 mm de cualquier pieza, tubería, válvula, etc.
- La sala de estar: La distancia mínima sobre las plataformas, pasillos y áreas de trabajo será de 2200 mm en todo el ancho. Las excepciones serán limitadas y deben ser acordadas con la Propiedad durante la etapa de diseño de detalle.
- La distancia mínima sobre las carreteras será de 7 m.
- Áreas de trabajo:
  - Las plataformas que den servicio a los registros de los recipientes con caras verticales estarán a 900 mm por debajo de la línea central, tendrán un espacio libre horizontal de 1.000 mm y una longitud total centrada en el registro de 1.200 mm más el diámetro. Las plataformas para pozos de registro con caras horizontales se situarán por debajo del reborde y tendrán una anchura de 1.000 mm.
  - Se prevé un espacio mínimo por encima del equipo giratorio y las válvulas en la parte inferior del acero de soporte o del suelo.
- Las plataformas que sirvan a los intercambiadores de calor horizontales tendrán al menos 1200 mm de espacio horizontal en ambos extremos y 300 mm de espacio desde los bordes de las bridas. Las plataformas para intercambiadores de calor verticales tendrán al menos 1.000 mm de espacio libre de las bridas por encima de las plataformas; las bridas de los canales y del capó estarán al menos 1.200 mm, pero no más de 1.800 mm, por encima de las plataformas
- Las dimensiones de los escalones se ajustarán a la norma ISO 14122-3, en la que los escalones estándar se diseñarán con  $d = 260 \text{ mm}$  x  $w = 1000 \text{ mm}$  con una separación vertical de  $h = 185 \text{ mm}$  (sobre la base de una dimensión de escalón  $(2h+d)$  de 630 mm). En el caso de las escaleras de carácter representativo (edificio de la administración, CCR, cantina, etc.) los escalones deberán tener una separación de  $h/d = 170/290 \text{ mm}$ . Dentro

de un edificio, la distancia vertical de los escalones será preferentemente la misma. Las escaleras de más de 4,8 m de altura tendrán una plataforma intermedia. Todas las escaleras tendrán una barandilla a ambos lados. La altura total de la barandilla será de al menos 1.000 mm desde la de la punta de la escalera.

- La carga activa y puntual será de acuerdo con la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
- La resistencia de las plataformas y puertas se verificará mediante simulaciones o pruebas.
- Los instrumentos de lectura, los equipos de control y las válvulas (altura de funcionamiento) que se vayan a utilizar se colocarán en general a una altura máxima de 1,80 m y mínima de 1,10 m sobre el nivel del suelo.

En cuanto a los criterios de diseño de los elementos pesados:

- Los elementos con un peso de 50 kg o más tendrán puntos de sujeción diseñados para el levantamiento del elemento.
- Se podrán prever medios de elevación para todos los elementos de peso superior a 50 kg que vayan a ser desmontados y transportados para su mantenimiento y reparación al taller. Se dejará suficiente altura libre para permitir el desmontaje con poleas y monorraíles.
- Cuando sea necesario, se dispondrá de una viga corrediza aérea para las bombas, ventiladores, motores y válvulas que pesen más de 50 kg y que deban desmontarse para su mantenimiento

En cuanto a los criterios de diseño de accesibilidad y ergonomía:

- Se prestará especial atención al concepto de ergonomía.
- Se garantizará la accesibilidad y el fácil manejo de todo el equipo (por ejemplo, se evitarán los trabajos de O&M fuera de los pasillos/plataformas).
- Las bocas de inspección tendrán un diámetro mínimo de 600 mm. Las herramientas y el equipo de mantenimiento se introducirán por el fondo de la caldera. Siempre que sea necesario para la introducción de herramientas o equipos de mantenimiento en otras áreas, se considerarán bocas de inspección más grandes.
- El paso libre alrededor de las máquinas será de al menos 800 mm
- Será posible vaciar y ventilar las áreas confinadas antes de la inspección.
- La disposición general y el trazado de las tuberías será tal que sea posible la accesibilidad para el funcionamiento y el mantenimiento, incluido el desmantelamiento
- Las tuberías o conductos que pasan por la sala de máquinas o que suben al techo no deben interferir con los pasajes, las zonas de mantenimiento o las zonas de funcionamiento de las grúas de desplazamiento
- Se preverá suficiente accesibilidad para las válvulas, amortiguadores y fuelles de expansión
- Se dispondrá de instalaciones para el montaje de andamios colgantes en los que se requerirán actividades de O&M (es decir, pintura, sustitución de piezas, etc.) en superficies verticales elevadas.

## 2.9.4. General

El Contratista tendrá plenamente en cuenta todo requisito especial relativo a la naturaleza, la manipulación y el almacenamiento de todos los fueloil, gases y productos químicos, etc., y

proporcionará la planta, el equipo, los edificios y otros servicios en consecuencia, incluidas todas las instalaciones para garantizar la seguridad del personal de explotación y mantenimiento. El Contratista es además responsable de la marcación adecuada de cualquier material peligroso durante la fase de construcción y su almacenamiento en zonas segregadas de acceso restringido.

El Contratista proporcionará planos para definir todas las zonas peligrosas teniendo en cuenta todas las fuentes de peligro en condiciones de funcionamiento normales y anormales (independientemente de que esas zonas estén o no específicamente enumeradas en la especificación). La filosofía de la zonificación estará sujeta a la aprobación de la Propiedad.

En particular, el equipo directamente relacionado con la planta que pueda conducir a una situación de peligro se diseñará de acuerdo con los requisitos de la norma IEC60079 con barreras de seguridad de conexión eléctrica o equipo intrínsecamente seguro. Cuando la Propiedad lo requiera, se proporcionará una certificación para confirmar la idoneidad del equipo y los dispositivos.

El Contratista será responsable de asegurar que todo el equipo eléctrico instalado en cualquier zona peligrosa esté diseñado y probado de manera que se ajuste a la clasificación de la zona pertinente, y deberá contar con la aprobación de la Propiedad. No se podrán tender cables en zanjas, etc. con tuberías de combustible.

## 2.10. Vibraciones de equipos rotativos

### 2.10.1. General

En esta sección se especifican los requisitos que el Contratista deberá cumplir en lo que respecta a las vibraciones mecánicas del equipo del proyecto industrial.

### 2.10.2. Normativa y códigos aplicables

La normativa aplicable es:

- ISO 7919-3, Vibración mecánica -- Evaluación de la vibración de la máquina mediante mediciones en ejes rotativos -- Parte 3: Máquinas industriales acopladas
- ISO 20816-2, Vibraciones mecánicas -- Medición y evaluación de las vibraciones de las máquinas -- Parte 2: Turbinas de gas terrestres, turbinas de vapor y generadores de más de 40 MW, con rodamientos de película fluida y velocidades nominales de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min y 3 600 r/min
- ISO 10816-3, Vibraciones mecánicas -- Evaluación de la vibración de las máquinas mediante mediciones en piezas no giratorias -- Parte 3: Máquinas industriales con potencia nominal superior a 15 kW y velocidades nominales entre 120 r/min y 15 000 r/min cuando se miden in situ

### 2.10.3. Otros equipos rotativos

A menos que la Propiedad indique o acuerde lo contrario, todo el equipo rotativo deberá estar equilibrado estática y dinámicamente en el taller, de manera que se puedan alcanzar los siguientes niveles de vibraciones:

- En el caso de los grandes equipos rotatorios (bombas de digesto principal, compresores de biogás, bombas de agua caliente, etc.) los niveles de vibración, medidos en las partes no rotatorias, no deberán exceder el límite superior de la zona "A", según se define en la norma ISO 10816, en condiciones estables. Para otras áreas, por ejemplo, flujo mínimo o flujo de salida, se mantendrá el límite de la zona "B".
- Para bombas estándar, ventiladores, otros equipos rotativos y bombas de pistón, los niveles de vibración, medidos en las partes no giratorias, no deberán exceder el límite superior de la zona "B", tal como se define en la norma ISO 10816, en condiciones estables. En el caso de los equipos no cubiertos por la norma ISO 10816, se aplicará la norma de fabricación.
- Para todos los equipos rotativos en condiciones transitorias, los niveles de vibración, medidos en las partes no giratorias, no deberán exceder el límite de la zona "C", tal como se define en la norma ISO 10816.
- Para todos los motores, los niveles de vibración, medidos en las partes no giratorias, no deberán exceder el límite descrito en las secciones pertinentes.
- Las vibraciones medidas en las partes giratorias no podrán exceder el 0,5 del juego mínimo de los cojinetes. Este requisito es válido para todos los rangos de velocidad y condiciones de carga. Si existen conflictos entre las diferentes especificaciones, se debe aplicar el valor más restrictivo.

A menos que se indique o acuerde lo contrario por la Propiedad, cada máquina rotativa tiene que cumplir con los requisitos para la designación de la magnitud de la vibración (criterio I) como "zona A" estipulada por la Especificación ISO 10816 para el grupo de máquinas respectivo.

Se impedirá la transmisión inadmisibles de las vibraciones, o por lo menos se reducirá, mediante el montaje del equipo en aisladores de vibraciones y, en la medida de lo posible, mediante el desacoplamiento de las tuberías de entrada y salida del equipo. Siempre que sea necesario, el equipo se colocará en amortiguadores de vibraciones.

Además, todos los componentes de la planta deberán estar diseñados de tal manera que no se puedan producir altas vibraciones inadmisibles por el flujo de los medios.

## 2.11. Ruido

El Contratista cumplirá con los reglamentos y requisitos nacionales y/o locales sobre los niveles de ruido, así como con los requisitos particulares de las especificaciones, si los hubiera, para toda la Planta.

En general, el Contratista especificará y garantizará los niveles de ruido de la presión acústica en dB para los equipos ruidosos críticos como ventiladores, turbinas o motores, el rango de frecuencia en que se emite, así como la presión acústica total en dB(A). Asimismo, indicará qué tipo de medidas se han utilizado para obtener dichos niveles.

El nivel de presión acústica superficial ponderado A promediado sobre la superficie de medición según la norma ISO 3746 a una distancia de 1 m del equipo o de su recinto acústico y a 1,2 m sobre el nivel del suelo o de las plataformas no deberá superar los 85 dB(A). El Contratista deberá suministrar carcasas de absorción de impactos y/o silenciadores para estar en conformidad.

## **3. EQUIPOS MECÁNICOS**

### **3.1. Bombas**

#### **3.1.1. Normativa y códigos aplicables**

Las normas aplicables son:

- EN ISO 2858, Bombas centrífugas de aspiración axial (capacidad de 16 bar) - Designación, punto de trabajo nominal y dimensiones
- EN ISO 9905, Especificaciones técnicas de las bombas centrífugas - Clase I
- EN ISO 5199, Especificaciones técnicas de las bombas centrífugas - Clase II
- EN ISO 9908, Especificaciones técnicas de las bombas centrífugas - Clase III
- ISO 13709 Bombas centrífugas para las industrias del petróleo, petroquímica y gas natural
- ISO 21940, Vibración mecánica -- Balanceo del rotor

#### **3.1.2. General**

Todas las bombas estarán diseñadas para un funcionamiento continuo, a menos que se especifique lo contrario.

Las bombas se instalarán en posiciones convenientes para su funcionamiento y mantenimiento. Cuando se requieran instalaciones de bombas múltiples, cada bomba y su equipo asociado se dispondrá de modo que permita un fácil acceso para el funcionamiento, el mantenimiento y la retirada de las bombas sin interrumpir el funcionamiento de la planta.

Las bombas instaladas para el funcionamiento en paralelo o como conjuntos de reserva deberán ser de idéntico diseño, es decir, intercambiables. Cuando se instalen varias bombas para el mismo servicio, deberán ser adecuadas para un funcionamiento paralelo sin restricciones. Será posible el cambio automático.

Se dispondrá de orejetas y anillos de elevación y otros dispositivos especiales, según sea necesario, para permitir una fácil manipulación de la bomba y sus componentes.

#### **3.1.3. Diseño y construcción genéricos**

Todas las bombas estarán diseñadas para soportar una presión de prueba de 1,5 veces la máxima presión de cierre de bomba posible en condiciones de máxima presión de succión. Si una bomba puede funcionar en condiciones de succión subatmosférica, la misma deberá estar diseñada para el vacío total.

Todos los ejes de la bomba deberán ser de un tamaño amplio para transmitir la máxima salida posible del motor principal. El eje y el acoplamiento de la bomba deberán ser de un tamaño tal

que el par máximo permitido del eje sea superior al par máximo transmisible del acoplamiento. Se utilizarán preferentemente bombas de acoplamiento directo.

Se instalarán anillos de desgaste renovables en la carcasa y el impulsor cuando esté económicamente justificado.

Todas las bombas y accesorios que estén en contacto con el fluido bombeado deberán estar construidas con materiales diseñados específicamente para las condiciones y la naturaleza del fluido bombeado, y ser resistentes a la erosión y la corrosión.

Los prensaestopas o los cierres mecánicos de las bombas estarán dispuestos de tal manera que el reenvasado o la colocación de cierres de recambio pueda realizarse con la mínima interrupción del funcionamiento de la planta. En caso de que se opere en condiciones de vacío, deberá proporcionarse un sellado de líquido.

La carcasa de la bomba estará preferentemente dividida para facilitar el mantenimiento y estará diseñada de tal manera que el impulsor y el eje puedan ser retirados de la carcasa sin perturbar ninguna de las tuberías y válvulas principales que transportan el fluido bombeado. En general, todas las bombas horizontales con rotores de extracción deben estar equipadas con un acoplamiento que facilite su desmontaje sin necesidad de retirar el motor. El diseño de extracción del eje se aplicará también a las bombas verticales de foso húmedo y foso seco.

Cada bomba horizontal se montará con su accionamiento en una placa base común de construcción rígida. Las bombas verticales deberán estar provistas de marcos de cimentación. En el caso de las bombas sumergibles se proporcionarán marcos adecuados en el sumidero de la bomba. No obstante, estas bombas deberán poder retirarse sin entrar en el sumidero.

Las bombas deben ser cuidadosamente ajustadas para asegurar que la altura neta de succión positiva disponible en todas las condiciones de funcionamiento sea adecuada para el tipo de bomba empleada. Los valores NPSH deben referirse a las condiciones de funcionamiento menos favorables - la presión atmosférica más baja, el nivel de agua más bajo en el lado de succión de la bomba y la temperatura más alta del fluido bombeado. Un margen de seguridad adecuado de normalmente más de 1 m al máximo. Se proporcionará la NPSH requerida.

A menos que se especifique lo contrario, todas las bombas deberán ser capaces de funcionar al 110% de la capacidad nominal a la altura nominal de entrega. Las características de flujo/cabeza de la bomba serán tales que dentro de la gama de funcionamiento la altura aumente continuamente con el flujo decreciente, siendo la altura máxima (altura de cierre) al menos un 10% mayor que la altura del punto de trabajo. En la parte superior, se considerará un margen adicional del 5 % de la altura. El rendimiento del motor de accionamiento se determinará de acuerdo con los requisitos técnicos mencionados anteriormente y con los requisitos especificados en la parte eléctrica.

No es aceptable ninguna bomba con un motor de velocidad constante, que requiera un impulsor de diámetro máximo o mínimo para cumplir las condiciones de bombeo nominales.

Las bombas funcionarán sin problemas en toda la gama de velocidades hasta sus velocidades de funcionamiento. La primera velocidad crítica acoplada debe ser al menos un 20% más alta que la velocidad máxima de funcionamiento. La determinación del diámetro del eje y la distancia entre dos rodamientos consecutivos debe incluir un margen de seguridad suficientemente grande para satisfacer esta condición.

Todos los componentes rotativos deben estar equilibrados dinámicamente, según el grado G2.5 de la norma ISO 1940. El conjunto rotativo completo también estará equilibrado, según el grado G6.3, excepto (a) en bombas de eje vertical, multietapa o (b) cuando la velocidad de la bomba sea inferior a 1800 rpm y la capacidad sea inferior a 50m<sup>3</sup>/h.

Cuando sea necesario, las bombas deberán estar equipadas con dispositivos que garanticen un caudal mínimo.

### **Cojinetes**

En el caso de las grandes bombas, los cojinetes serán del tipo de manguito automático lubricado por aceite, a menos que se especifique lo contrario. Los cojinetes de las bombas de eje vertical estarán espaciados de tal manera que se evite el azote o la vibración del eje en cualquier modo de funcionamiento.

Las cajas de los rodamientos en las bombas de eje horizontal estarán diseñadas para permitir el reemplazo de los rodamientos sin necesidad de retirar la bomba o el motor de su montaje. Las cajas de cojinetes de las bombas de eje horizontal estarán protegidas eficazmente contra la entrada de agua, fluido bombeado y polvo mediante deflectores no ferrosos adecuados.

Todos los rodamientos lubricados con aceite estarán equipados con indicadores visuales del nivel de aceite. Los cojinetes no lubricados con aceite a presión estarán equipados con lubricadores de nivel constante.

### **Acoplamientos**

Todas las bombas se instalarán con válvulas de aislamiento, una válvula de no retorno y manómetros de succión y descarga, a menos que se indique lo contrario. Los acoplamientos accesibles se suministrarán con protectores de tipo extraíble.

Las mitades de los acoplamientos se ajustarán a la máquina para asegurar una alineación precisa. Tanto los acoplamientos como los engranajes deberán tener una capacidad nominal de al menos el 120% del requisito de transmisión de potencia máxima potencial. Se instalarán válvulas de ventilación en todas las bombas en puntos adecuados de la carcasa de la bomba, a menos que la bomba sea autoventilada, debido a la disposición de las boquillas de succión y descarga. Se dispondrá de instalaciones de drenaje en la carcasa de la bomba o en las tuberías adyacentes para facilitar el desmontaje de las bombas.

Todas las bombas de desplazamiento positivo estarán provistas de una válvula de descarga capaz de pasar el máximo caudal de entrega de la bomba.



## **Filtros de succión**

Todas las bombas que no sean sumergibles tendrán filtros temporales instalados en la tubería de succión durante todas las fases iniciales de funcionamiento y puesta en marcha. Se proporcionarán coladores permanentes cuando se especifique.

Si una bomba tiene que ser asegurada por un filtro de succión, será como sigue:

- Cuando no se suministre una bomba de reserva y se requiera un filtro permanente, la bomba de servicio estará equipada con un colador doble capaz de cambiar fácilmente con la carga. (esto se refiere a las bombas que están en funcionamiento continuo).
- Los filtros permanentes están equipados con un transmisor de presión diferencial o un dispositivo similar para controlar la presión diferencial y se transmiten al CCR dando una indicación cuando se alcanza el punto de ajuste de la alarma.
- Los elementos de los filtros se fabricarán con un material adecuado (acero inoxidable) y se instalarán de forma que se reduzca al mínimo el riesgo de corrosión electroquímica/grietas. Deberán ser fácilmente desmontables para su limpieza e inspección.

## **3.2. Ventiladores centrífugos**

Esta especificación tiene por objeto definir las características mínimas que deben cumplir con ventiladores centrífugos en cuanto a diseño, construcción, suministro, pruebas y montaje.

El vendedor suministrará los ventiladores completos con todos los accesorios requeridos para el normal funcionamiento y servicio especificado en las hojas de datos.

Específicamente estarán incluidos en el suministro los accionamientos, bien mediante correas y poleas, mediante reductor o bien por acoplamiento directo. En el caso de accionamiento mediante reductor se incluirán acoplamientos y bancada común a reductor y motor. En ambos casos correas-poleas y reductor se suministrarán con las guardas de protección.

El motor eléctrico y en su caso el variador de frecuencia, estarán incluidos en el suministro.

Cada uno de los ventiladores centrífugos estará provisto de una placa de características, construida en material resistente a la corrosión, en la cual se indicará: número de equipo, caudal, presión, velocidad, tipo, tamaño y número de serie.

En lugar adecuado se indicará el sentido de rotación por medio de una flecha.

### **3.2.1. Normativa y códigos aplicables**

Las normas aplicables son:

- ISO 12499, Ventiladores industriales - Seguridad mecánica de los ventiladores
- ISO 5801 Ventiladores industriales - Pruebas de rendimiento utilizando vías respiratorias estandarizadas

- ISO 14694 Ventiladores industriales - Especificaciones para la calidad del equilibrio y los niveles de vibración
- ISO 10816-3 Vibración mecánica -Evaluación de la vibración de la máquina mediante mediciones en piezas no giratorias.
- ISO 13349 Ventiladores - Vocabulario y definiciones de categorías

### 3.2.2. Requisitos técnicos

Los ventiladores serán aptos para operación continua.

El vendedor garantizará el caudal, presión y potencia absorbida en toda la zona de funcionamiento (familia de curvas según apertura del damper), o velocidad de giro.

Las variaciones permitidas en torno a las condiciones de diseño serán las siguientes:

	Límite inferior	Límite superior
Presión	0	5 %
Potencia absorbida	--	5 %

Todos los ventiladores se seleccionarán de forma que el punto de funcionamiento esté sobre o a la izquierda del punto de mejor rendimiento.

Los materiales empleados en la fabricación de los ventiladores serán los standard del vendedor para las condiciones de servicio especificadas, a menos que se indique otra cosa en las hojas de datos.

Deberá tenerse en cuenta para los elementos del ventilador la clasificación eléctrica del área de ubicación.

El fluido manejado por los ventiladores tendrá una velocidad nominal de salida en la boca de impulsión entre 15 y 20 m/s.

Cada ventilador tendrá una puerta de limpieza de apertura rápida.

El acoplamiento flexible en la boca de impulsión de los ventiladores será suministro del Vendedor. El acoplamiento flexible en la boca de aspiración si se requiere será también suministro del Vendedor. El tipo de acoplamiento se especificará en las hojas de datos.

### 3.2.3. Carcasa

La carcasa se construirá en chapa de acero laminado, si no se indica otra cosa en la hoja de datos, con perfiles de arriostamiento y sus correspondientes bridas. Los ventiladores que aspiren de la atmósfera, deberán llevar silenciador con rejilla de protección en la aspiración.

El ventilador se diseñará de forma tal que permita un fácil mantenimiento y montaje, así como montaje y desmontaje del rodete y eje sin necesidad de desmontar el ventilador y accionamiento.

Las bridas de aspiración e impulsión serán planas.

La carcasa en caso de llevar rociadores de agua tendrá un drenaje en el punto más bajo de 150 mm como mínimo, en caso contrario llevará un drenaje estándar del fabricante.

### 3.2.4. Rodete y eje

El diámetro del rodete será un 1% inferior al diámetro de la carcasa.

Para todos los casos el rodete será equilibrado estática y dinámicamente, para asegurar una marcha suave sin vibraciones a las velocidades de operación.

El Vendedor indicará la primera velocidad crítica real para el conjunto rotativo (eje, rodete). La primera velocidad crítica real será al menos el 20% más alta que la velocidad continua máxima para servicio limpio y al menos el 30% más alta que la velocidad continua máxima para servicios sujetos a ensuciamiento.

Los álabes del rodete estarán fijados al cubo de éste por soldadura de penetración completa desde la raíz de los álabes.

El Vendedor indicará diámetro, velocidad, velocidad periférica y número de álabes del ventilador propuesto.

El eje estará ampliamente dimensionado y será capaz de transmitir la máxima potencia. Su acabado superficial, especialmente en la zona de ajuste de rodamientos, será el adecuado y los cambios de sección se efectuarán a través de grandes radios.

Si se utilizara un eje revestido con otro material, la construcción será tal que asegure que no se produce deslizamiento del revestimiento y el eje a ninguna temperatura comprendida entre temperatura ambiente y de diseño.

### 3.2.5. Lubricación

La lubricación de los cojinetes será continua, por anillos o tapones de engrase. El suministrador recomendará los tipos de aceites o grasas necesarios para la correcta lubricación de los cojinetes.

Si la lubricación es por aceite, deberá llevar indicador visual del nivel de aceite.

### 3.2.6. Cojinetes

Se prefieren cojinetes de bolas o rodillos con una vida no inferior a 30.000 horas de trabajo.

Se instalarán cojinetes de empuje donde sea necesario.

El alojamiento de los cojinetes estará sellado contra la entrada de agua y polvo.

El fabricante deberá indicar el tipo de refrigeración de estos, si fuera necesario.

### 3.2.7. Vibración

La magnitud (doble amplitud) de cualquier vibración medida en la caja de rodamientos, se aproximará a los siguientes valores:

r.p.m.	Magnitud Vibración (mm)
400	0,0762
800	0,0508
1.200	0,0330
1.800	0,0203
3.600	0,0127

### 3.2.8. Accionamiento

El accionamiento se realizará con motor eléctrico. La potencia requerida se calculará en las condiciones más desfavorables.

Los motores estarán de acuerdo con las prescripciones para Motores Eléctricos (ver secciones 4.4 y 4.5).

La transmisión por correas puede utilizarse para motores cuya potencia no exceda de 22 kW. Se usarán como mínimo dos correas cuya temperatura máxima de operación sea 70°C. El material de las correas será tal que no produzca formación de electricidad estática. La velocidad de la correa no excederá de 25 m/s.

El sistema completo de accionamiento por correas se protegerá con cubiertas desmontables. Las rejillas de protección de los ventiladores se diseñarán para que resistan con seguridad el esfuerzo de dos hombres (250 kg).

Para potencias superiores a los 22 kW, se utilizarán reductores, o acoplamientos directos.

Los reductores irán montados en una bancada común con el motor para facilitar la alienación de ambos. El factor de servicio será 1,5 como mínimo y cumplirá la norma AGMA 430.

Todos los accionamientos y transmisiones deberán ser estancos a los agentes atmosféricos.

### 3.2.9. Ruido

El Vendedor deberá cumplir las normas y/o requisitos nacionales y/o locales así como la especificación particular de cada caso si existe.

El Vendedor indicará y garantizará niveles de ruido de presión sonora en dB, así como el rango de frecuencia en el que se emite, así como la presión sonora total en db(A). Asimismo, indicará que tipo de medidas se han empleado para obtener dichos niveles.

No se admitirá una presión sonora total mayor de 80 db(A) medida a 1 metro de distancia.

El vendedor suministrará carcasas amortiguadoras y/o silenciadores de forma que se cumpla.

## 3.3. Tuberías

### 3.3.1. Normativa y códigos aplicables

El sistema de tuberías será construido de acuerdo a la norma UNE-EN 13480-2:2017 y las normas armonizadas a las que se hace referencia a continuación:

- Diseño y cálculo.....UNE-EN 13480-3:2017
- Fabricación e instalación.....UNE-EN 13480-4:2017
- Inspección y pruebas.....UNE-EN 13480-5:2017
- Tuberías enterradas.....UNE-EN 13480-6:2017
- UNE-EN 746-2:2017, equipos a presión – parte 2. ... Cantidades, símbolos y unidades
- UNE-EN 746-3:2017, equipos a presión – parte 3. .Definiciones y partes involucradas

### 3.3.2. Disposiciones Generales.

- Se considerarán “líneas incluidas en la planta” a todas las de proceso o servicios que están dentro de los límites del proyecto.
- Todas las líneas de diseñarán procurando que sean lo más cortas posibles y con el mínimo número de accesorios acorde con las necesidades de expansión y flexibilidad.

- En la medida de lo posible, las tuberías serán elevadas y soportadas en pórticos. Cuando no sea posible elevar las tuberías se situarán en bancos en el suelo y soportadas por estribos de hormigón o durmientes.
- Solamente se permitirá enterrar las conducciones de aguas residuales y drenajes no ácidos, así como aquellas de agua contra incendios, localizadas en zonas donde haya peligro de heladas aunque sean de corta duración y cualquiera de agua en zonas de heladas prolongadas.
- Las líneas enterradas deberán estar cubiertas como mínimo, con una capa de tierra según se especifica a continuación:
  - En terreno pavimentado inaccesible al tráfico pesado.....0,3 m
  - En el terreno pavimentado o no, accesible al tráfico pesado así como en cruces de carreteras .....0,6 m
  - En áreas donde se produzcan heladas .....0,6 m
- En aquellos casos en que sea necesario conducir las líneas de proceso por debajo del suelo (por ejemplo, en el caso de líneas de succión de bombas para evitar bolsas de aire) estas líneas se llevarán dentro de zanjas de hormigón. Cuando crucen caminos, se recomienda elevarlas, particularmente si son necesarios bucles de dilatación.
- Las líneas de drenajes ácidos se tenderán en zanjas de hormigón con accesos para inspección.
- Las zanjas se drenarán por medio de un sistema adecuado y se cubrirán con reja metálica, salvo en aquellos casos en los que se atraviesen carreteras o accesos, en los que se colocará una cubierta sólida.
- Todas las tuberías serán dispuestas de manera que permitan un fácil acceso a los equipos para operación o mantenimiento.
- Todos los cambios de dirección en las líneas serán preferentemente a 45° ó 90°.
- Para facilitar el cambio de dirección y/o el cruce de líneas, las tuberías principales se tenderán a distintos niveles.
- Todos los tendidos de tuberías se harán teniendo bien presente la seguridad de los operarios y del equipo de la planta.

### 3.3.3. Espacios y Accesibilidad.

- Para tuberías elevadas el mínimo espacio entre el punto más alto de pavimento y el más bajo del soporte de tuberías será:

- Elevación normal dentro del área de proceso ..... 3.000 mm
  - Sobre plataformas y pasarelas..... 2.100 mm
  - Sobre accesos de carretillas elevadoras ..... 2.700 mm
  - Dentro de edificios..... 2.100 mm
  - Caminos principales de la planta ..... 6.000 mm
  - Accesos de camiones ..... 4.500 mm
  - Accesos de grúas..... 5.000 mm
  - Sobre el suelo ..... 300 mm
- Se preverá espacio adecuado para operación y/o mantenimiento sobre, alrededor o bajo equipos como:
    - Válvulas manuales.
    - Válvulas de control.
    - Filtros fijos.
    - Instrumentos.
    - Purgadores, drenajes y venteos
  - Se mantendrá una distancia entre tuberías paralelas para permitir el acceso, sustitución y mantenimiento de cualquiera de ellas.
  - El punto más bajo de todas las bridas o aislamiento en líneas que van por zanjas estará como mínimo a 75 mm por encima del suelo de la zanja y 300 mm por encima del suelo cuando sean soportadas por durmientes.
  - Normalmente, se dispondrá el equipo mecánico (bombas, cambiadores, etc.) de manera que exista un espacio mínimo de 800 mm, entre fundaciones, o cualquier proyección de equipo adyacente, tuberías, bridas o husillos de válvulas. Para ahorrar espacio, sin embargo, las bombas pequeñas que puedan trabajar juntas pueden estar situadas en un bloque, los intercambiadores pueden acoplarse dejando espacio suficiente para su mantenimiento y las operaciones exteriores.
  - Se preverá un espacio adecuado para almacenar productos químicos, hidrógeno, nitrógeno, etc., incluyendo los accesos del equipo móvil de transporte.
  - Los caminos de tuberías deberán estar dimensionados para contener futuras líneas de ampliación.
  - Los equipos de proceso semejantes deberán alinearse entre si, sin sacrificar por ello las normas de seguridad.
  - Los recipientes horizontales se colocarán donde convenga, manteniendo sin embargo uno de sus extremos sobre una línea de equipo definida.
  - Se preverá un amplio espacio entre equipos para permitir un trabajo seguro al personal de operación y mantenimiento. A menos que se especifique lo contrario cuando se requiera un acceso normal éste será de 800 mm de ancho como mínimo.

- En grupos de intercambiadores, la parte más baja de la carcasa inferior será tal que cualquier conexión de tubería se situará a 300 mm, como mínimo, del suelo o bien el eje de la carcasa estará a 700 mm como mínimo sobre el suelo.
- Las tuberías de los intercambiadores y los soportes de tubería estarán situados de manera que no estorben el desmontaje de las tapas de distribuidores, distribuidores y haces de tubos utilizando para ellos grúas móviles.
- Para intercambiadores situados a nivel del suelo la tubería no pasará por encima de la carcasa de éste.
- Los rotámetros tendrán espacio suficiente sobre y bajo ellos para permitir la sustitución del flotador más su extensión, sin desconectar tramos de tubería.
- Las tuberías que discurren a través de muros y suelos de edificios, deberán hacerlo dentro de manguitos de suficiente tamaño como para permitir la sustitución cómoda de la tubería y las bridas, en operaciones de mantenimiento.
- Se deberá mantener una distancia de 25 mm como mínimo entre la tubería y el manguito para evitar la corrosión.

### 3.3.4. Bases de diseño.

#### 3.3.4.1. Presión y Temperatura de diseño.

Las presiones y temperaturas de diseño utilizadas como base para el proyecto de los sistemas de tuberías y la selección de los materiales a emplear, serán acordes con las especificaciones contenidas en la última revisión de la norma EN 13480 y con las condiciones más severas que se pueden esperar dentro de una operación normal.

#### 3.3.4.2. Velocidades de circulación.

No deberán superarse las siguientes velocidades de circulación:

Tipo de tuberías	Velocidad de circulación
<b>Tuberías de agua y condensado:</b>	
Tuberías de admisión de bomba (excepto línea de admisión de bomba de agua de alimentación a caldera)	máx. 1,5 m/seg.
Tuberías de impulsión de agua	máx. 2,5 m/seg.
Tubería de impulsión de agua de alimentación a caldera	máx. 4,0 m/seg.



<b>Tipo de tuberías</b>	<b>Velocidad de circulación</b>
Tubería de agua con sólidos en suspensión (lixiviados)	máx. 1,5 m/seg.
<b>Tubería de aire:</b>	
Tubería de salida de compresores de pistón	máx. 30 m/seg.
Tuberías de admisión y salida para compresores rotativos	máx. 25 m/seg.
Tubería de admisión para compresores de pistón	máx. 20 m/seg.
<b>Tuberías de gas combustible y aceite:</b>	
Tuberías de aceite de lubricación y tuberías de admisión de fuel-oil	máx. 1,0 m/seg.
Tuberías de impulsión de fuel-oil (precalentado)	máx. 1,5 m/seg.
Tuberías de gas-oil	máx. 1,5 m/seg.
Tuberías de biogás, gas natural o biometano	máx. 25 m/seg.
Tuberías aditivos químicos	máx. 1,5 m/seg.

Las velocidades mencionadas en esta tabla son las máximas aceptadas para diseño, esto significa que las velocidades finales adoptadas deben ser inferiores a éstas.

### 3.3.5. Corrosiones permitidas.

- En general el mínimo espesor de corrosión admitido para tuberías de acero al carbono y acero débilmente aleado así como para aleaciones de hierro, será de 1,5 mm. Para aceros austeníticos, no se tendrá en cuenta sobreespesor de corrosión, excepto en aquellos procesos que lo requieran y así se indicará expresamente.
- Todas las tuberías metálicas enterradas deberán ser protegidas convenientemente por su exterior. Se aplicará una protección catódica si es necesaria debido a las características del suelo.

### 3.3.6. Detalles de diseño.

#### 3.3.6.1. Tamaños de líneas y conexiones.

No se utilizarán tuberías de diámetro DN32, DN63, DN90 ni DN125.

El mínimo tamaño de tubería a usar en la planta será de DN15. Esta regla no se aplicará a las conexiones a equipos, como bombas y compresores, de fabricación normalizada del constructor. En este caso el proveedor suministrará los necesarios juegos de contrabridas de dimensiones no normalizadas.

### 3.3.6.2. Válvulas.

- El número y tipo de válvulas representadas en los diagramas de flujo correspondientes, será el mínimo compatible con una operación correcta y segura de la planta.  
Se evitará en lo posible, colocar válvulas sobre los tramos elevados de tuberías.
- Las válvulas se deberán colocar preferentemente con sus vástagos en posición vertical hacia arriba, salvo para servicios de vacío que se podrán colocar en posición horizontal. La posición de las válvulas será tal que sus vástagos y/o volantes de maniobra no obstaculicen en zonas de paso y plataformas y sean fácilmente accesibles para operación y mantenimiento.
- Las válvulas de aislamiento y las de by-pass situadas aguas arriba de las válvulas de control, deberán tener un PN adecuado a la línea de mayor presión.
- Las válvulas de aislamiento situadas aguas abajo de la válvula de control podrá ser de menor rango, excepto en servicios críticos y/o condiciones abrasivas.
- Tipos de válvulas.
  - Válvulas de compuerta – paso normal.
    - Para servicios de descarga (válvulas de aislamiento) en las aplicaciones siguientes:
      - Aguas arriba y abajo de las válvulas de control.
      - Aguas arriba y abajo de filtros fijos incluyendo la válvula de by-pass.
      - Aguas arriba y abajo de los rotámetros y de su válvula de by-pass.
      - En las líneas de aspiración de las bombas.
      - Cuando sea necesario derivar una válvula.

En líneas de acero aleado hasta DN150 se preferirá el empleo de válvulas de bola en vez de válvulas de compuerta.

- Válvulas de compuerta – paso reducido hasta DN15 incluida.
  - Para servicios de descarga (válvulas de aislamiento) en líneas de descarga de las bombas.
  - Para drenajes de líquidos (se pueden usar válvulas de macho como alternativa).
  - Para válvulas de aislamiento en controladores e indicadores de nivel.
- Válvulas de asiento.
  - Para controles manuales de caudal.
  - Para servicios de descarga en tamaños de DN15 y menores no mencionadas en los dos puntos anteriores.
  - Para derivaciones (by-pass) y delante de los purgadores de vapor.

- Para derivaciones (by-pass) de válvulas de control.
- Para conexiones a mangueras.
- Para tomas de muestra.
  
- Válvulas de macho (para temperaturas hasta 90°C).
  - Cuando se desea un cierre rápido.
  - Cuando se manejan líquidos con sólidos en suspensión de manera que no sea practicable un cierre de asiento.
  - Para líquidos muy viscosos.
  - Cuando el empleo de válvulas encamisadas sea imprescindible.
  - Como primera alternativa de una válvula de diafragma.
  - Las válvulas de macho lubricadas de múltiples orificios deberán ser evitadas.
  
- Válvulas de aguja.
  - En aquellos casos especiales que requieran un control muy ajustado del caudal.
  
- Válvulas de diafragma.
  - Las válvulas de diafragma se emplearán para servicios muy corrosivos y disponiendo un material de diafragma adecuado al tipo de fluido y su temperatura.
  
- Válvulas de fondo.
  - Para equipos que no permiten el fácil vaciado en su parte inferior por ej. Válvulas de vaciado de reactores y recipientes de mezcla.
  
- Válvulas de bola.
  - Las válvulas de bola se emplearán cuando se precise un cierre rápido y sea probable que una válvula de compuerta no realice un asiento correcto.
  
- Válvulas de mariposa.
  - Para realizar un cierre simple, para presiones hasta 16 barg y temperaturas hasta 120°C. El empleo de válvulas de mariposa es aconsejable en circuitos de agua de refrigeración y agua de servicios.
  
- Válvulas de retención.
  - Se emplearán en todos aquellos sistemas en donde, pudiéndose producir un cambio de sentido de flujo sobre el normal de circulación, debido a error de operación, corte de energía etc..., este hecho puede provocar daños en el equipo, contaminación de producto o situación de peligro para los operarios.
  
  - Para tamaños hasta DN40 incluido, se preferirán las válvulas de retención de tipo bola o pistón.

- Para tamaños de DN50 o mayores se emplearán válvulas de retención de tipo clapeta o disco.
- Las válvulas de retención de disco basculante y cierre lento se usarán en los sistemas en los que se prevean golpes de ariete.
- Las válvulas de retención se suministrarán con un saliente de fundición en su parte inferior, de manera que permitan la colocación de una conexión de drenaje, perforada y sellada en campo. Las dimensiones de las conexiones serán DN15 NPT para DN80 y DN100, DN20 NPT para DN150 y DN200 y DN25 NPT para DN250 y mayores.

### 3.3.6.3. Bridas, juntas y tornillería.

- Los tipos, materiales y dimensiones de bridas, tornillos, juntas y accesorios se ajustarán a la especificación de la tubería en cada caso.
- Las bridas serán preferiblemente con cuello y cara RF.
- El número de bridas a emplear se reducirá al mínimo y se instalarán, solamente en los siguientes casos:
  - Para facilitar el mantenimiento e inspección.
  - Cuando se requieran por necesidades de proceso.
  - Para permitir retirar y reemplazar tramos de tubería en los que se prevén perforaciones, desgastes o corrosión intensas.
- Los orificios para tornillos de las bridas deberán situarse fuera de los ejes principales (tanto horizontales como verticales) pero deberán seguir la orientación de las conexiones bridadas de los equipos.
- Las bridas de acero conectadas a bridas de fundición, bronce o aluminio serán del tipo cara lisa (flat-face) FF.
- En las líneas para oxígeno no se emplearán bridas ni accesorios "socketweld". Tampoco se emplearán bridas locas (slip-on).

### 3.3.6.4. Accesorios y curvas.

- Para líneas de acero al carbono en tamaños de DN50 y mayores, y en todos los casos para líneas de acero aleado, se utilizarán codos soldados a tope de radio largo  $R=1\frac{1}{2}D$ .
- Los espesores de los accesorios soldados a tope serán los mismos que los de la tubería a las que están conectados.

- Para servicios de vapor solo se emplearán codos soldados.
- Codos reductores, cruces rectas, tes reductores en parte recta, cruces reductoras así como codos de 90° y 45 ° de radio corto, no se emplearán salvo cuando por razones de proceso o necesidades del trazado así se requiera y siempre que otro tipo de diseño no fuera posible.
- Los finales de tuberías se cerrarán con “caps” soldados.
- Las reducciones “socket weld” se usarán en líneas de proceso de acero al carbono para tamaños de DN40 y menores; para este mismo tipo de material y en dimensiones de DN50 y mayores, se emplearán reducciones soldadas a tope así como para todos los tamaños en acero inoxidable.
- Todos los accesorios tales como filtros, secadores de aire etc., serán pedidos en base al “rating” de servicio del fabricante y en ningún caso las bridas de estos accesorios tendrán un “rating” más bajo que el de las tuberías sobre las que van instalados.
- Solo se efectuará el curvado de tubería, bajo aprobación de la DF, con máquina apropiada y en frío.

### 3.3.6.5. Empalmes.

- Las uniones de tubería de acero al carbono de diámetro  $\leq$  DN40 se podrán realizar por medio de accesorios socket weld. En ningún caso se emplearán accesorios roscados. En el caso de empalmes por soldadura a tope, ésta deberá efectuarse bajo atmósfera de gas inerte (CO<sub>2</sub>, argón) al objeto de disminuir al máximo las restricciones de sección por descolgadas. En tubería de diámetro  $>$  DN50 las uniones se realizarán por soldadura a tope.
- En tuberías de acero inoxidable todas las uniones serán del tipo soldadas a tope.
- Para conexiones a recipientes y equipos se empleará la unión bridada, no permitiéndose la soldadura directa a menos que se indique lo contrario.

### 3.3.6.6. Conexiones de ramales.

Para conexiones de ramales se seguirá de forma general los siguientes requisitos:

- Una tubería con una conexión a un ramal, se debilita por la abertura practicada en ella, por tanto, se debe de prever un refuerzo adicional a menos que el espesor de la pared de la tubería sea lo suficientemente grande para resistir la presión.

El refuerzo consiste en:

- a. Un exceso de espesor en la pared de la tubería y del ramal sobre el mínimo calculado. Este sobre espesor, así como las tensiones admisibles, se estimarán de acuerdo con las normas EN 13480.
  - b. Un refuerzo adicional en forma de anillos, manguitos o accesorios soldados de derivación (ej. Weldolets).
- Cuando sea económicamente justificable (por ej. en el caso de conexiones de ramales múltiples), se obtendrá el refuerzo necesario, incrementando los espesores de la tubería y ramales en vez de añadir anillos.
  - Las tes soldadas a tope no requieren refuerzo adicional.
  - Las conexiones de ramales se realizarán en base a las siguientes recomendaciones:
- 1) Ramales de DN15 a DN40:
    - Si el tamaño de la tubería principal es igual al de la conexión se emplearán accesorios en "T".
    - Si la tubería principal es de tamaño DN40 o menor, se emplearán accesorios en "T" y reducción concéntrica.
    - Si la tubería principal es de tamaño DN50 o mayor, se emplearán accesorios forjados de derivación "sockolets" o "weldolets" si es preciso refuerzo. Si no se necesita refuerzo, se podrá hacer una conexión tubo a tubo.
  - 2) Ramales de DN50 y mayores.
    - Si el tamaño de la tubería principal es igual al de la conexión, se emplearán accesorios en "T".
    - Para los demás casos, se emplearán accesorios de derivación o conexión tubo a tubo dependiendo de si es preciso o no refuerzo.
  - 3) Las conexiones de ramales de DN50 y menores en tuberías recubiertas de cemento, goma o asfalto, por ejemplo, en líneas de agua corrosiva, serán aisladas eléctricamente por medio de juntas y manguitos en los tornillos, fabricados de material eléctricamente aislante.

### 3.3.6.7. Previsiones para expansiones y flexibilidad.

- El diseño de tuberías se hará de manera que tengan la suficiente flexibilidad para permitir las expansiones y contracciones térmicas sin que se produzcan los efectos siguientes:
  - Fallo en los anclajes de tubería por sobretensiones.
  - Pérdida en juntas.

- Esfuerzos y momentos excesivos en el equipo conectado.
  - Esfuerzos máximos admisibles por la tubería.
- La flexibilidad se conseguirá con cambios de dirección utilizando bucles (liras).
- Las bases de cálculo empleadas en las previsiones de expansión será la temperatura normal de operación y/o otras condiciones temporales más severas como arranques, ciclos de regeneración o descargas.
- Si no se consigue suficiente flexibilidad con los métodos descritos por falta de espacio u otras razones, se considerará el uso de juntas de expansión de fuelle.
- El uso de las juntas de expansión se evitará siempre que sea posible.
- Cuando se considere necesario colocar juntas de expansión se preverán anclajes, guías y soportes o topes adecuados, para evitar deflexiones mas allá de los límites permitidos.
- No se instalarán juntas de expansión en aquellas líneas en las que las propiedades del fluido circulante sean tales, que obstruyan los fuelles invalidando su efecto.
- Los bucles horizontales en tuberías, deberán poseer la suficiente desviación vertical para no obstaculizar a las tuberías adyacentes.
- A menos que se especifique por datos de diseño suplementarios, la selección de material para los elementos flexibles y todos los conjuntos tales como abrazaderas, varillas, etc... serán recomendados por el fabricante de las juntas. El material para los otros componentes estará de acuerdo con las especificaciones de material de tuberías de la línea en que sean instalado.

### 3.3.6.8. By-passes.

- Los by-passes con válvula alrededor de válvulas de aislamiento de tamaños DN150 y mayores se pueden usar en los siguientes casos.
  - En servicio de alta presión y temperatura, cuando sea necesario para igualar las presiones en la línea o bien para precalentamiento.
  - Alrededor de válvulas y bombas de repuesto que manejen líquidos calientes o de punto de fluidez o bien alrededor de válvulas en bombas de agua situadas en zonas de heladas probables, y siempre que no exista un elemento calefactor externo.
- Los diámetros de los by-passes se ajustarán a los valores de la siguiente tabla:

<b>Diámetro nominal de la válvula</b>	<b>Diámetro nominal del by-pass</b>
DN150 y DN200	DN20
DN250 a DN600	DN25

### 3.3.6.9. Calentamiento de tuberías.

- El calentamiento de tuberías de acero será tenido en cuenta en los casos siguientes:
  - En todas las líneas (incluyendo tuberías de instrumentos) por donde circulan fluidos muy viscosos (por ejemplo, fuel-oil pesado, aceites, etc.).
  - En todas las líneas de condensado y de agua (incluyendo tuberías de instrumentos) en particular en aquellas líneas de flujo intermitente tendidas en áreas donde se producen heladas aunque sean de corta duración.
- Las tuberías se calentarán, preferiblemente mediante traceado eléctrico.
- Las tuberías que deban calentarse se identificarán en los diagramas de flujo correspondientes.

### 3.3.6.10. Soportes y anclajes.

- Todas las tuberías serán sustentadas por medio de colgantes o soportes de diseño adecuado, provistos de sus anclajes, brazos inclinados o amortiguadores de vibración para evitar pandeos, vibraciones o esfuerzos en los equipos conectados.
- En tuberías expuestas a expansiones térmicas se considerará el uso de colgantes con muelles para líneas elevadas.
- Las líneas que abandonen o entren en áreas o edificios de proceso se anclarán en la última estructura rígida de manera que el diseño sea independiente a ambos lados del anclaje.
- Las válvulas, tuberías y equipo mecánico como bombas, que requieran un mantenimiento periódico, se soportarán de manera que el equipo y las válvulas se puedan retirar con las mínimas necesidades de soportes temporales.
- Cuando una tubería de acero al carbono o de baja aleación aislada no se suspenda de soportes, se hará descansar sobre patines en forma de T soldados a la tubería.
- En los soportes para tuberías de acero inoxidable, todas las partes en contacto con la tubería serán de la misma calidad que la tubería.



### 3.3.7. Directrices para sistemas de proceso.

#### 3.3.7.1. Conexiones a depósitos.

- Se dispondrán conexiones que permitan un completo drenaje de los recipientes. Estas conexiones se equiparán con una válvula de aislamiento y se conectarán al sistema de drenajes o se cerrarán con una brida ciega según se necesite.
- Las líneas de drenaje se dimensionarán de manera que el vaciado total del recipiente bajo presión atmosférica, se realice como máximo en 2 horas.
- No se instalarán válvulas de aislamiento en la conexión a las válvulas de seguridad en los recipientes o depósitos.

#### 3.3.7.2. Conexiones a bombas y otros equipos mecánicos.

##### 3.3.7.2.1. General.

- La conexión de tubería a bombas u otros equipos mecánicos se hará de manera que se puedan extraer sectores o partes internas de estos equipos sin afectar a dicha conexión. Los fabricantes del equipo darán los esfuerzos permitidos en las conexiones de los mismos.
- La tubería a bombas, compresores y turbinas de vapor se diseñará con la flexibilidad suficiente y los soportes adecuados como para asegurar que en ningún caso las conexiones de los equipos sufrirán esfuerzos que afecten a la alineación o disposición interna de los mismos o bien pongan en peligro su operación normal.
- Todos los orificios previstos para venteo, drenaje, refrigeración, limpieza o calentamiento de bombas si se van a emplear, se les acoplará un “nipple” roscado NPT, donde se conectará la válvula.
- Las líneas de agua de refrigeración a bombas y compresores en tamaños menores de DN25 deberán conectarse a la parte alta del colector para prevenir obstrucciones durante la operación.,
- Las tuberías auxiliares se tenderán correctamente a lo largo de las bancadas y no extendidas sobre el suelo de operación. Sin embargo, su disposición será tal que no obstaculicen las tapas de inspección, cubiertas de cojinetes, orejetas de elevación de carcasas etc.
- Todos los equipos irán provistos de drenajes. Las líneas de drenaje podrán descargar en las arquetas correspondientes a los sistemas de drenajes adecuados al fluido bombeado.
- Los drenajes de equipos que contengan lodos deberán tener un diámetro no menor de 1 pulgada.

### 3.3.7.2.2. Bombas.

- Disposiciones Generales de las Tuberías para bombas.
  - Las tuberías de aspiración de las bombas deberán instalarse y soportarse de manera que sean lo más cortas y directas que sea posible y evitando la formación de bolsas de aire.
  - Se instalarán filtros en "Y" en todas las líneas de aspiración de las bombas, colocándolos entre la conexión de aspiración y la válvula de aislamiento.
  - Los filtros se indicarán en los P&ID's correspondientes.
  - Se usarán filtros cónicos cuando se requiera el empleo de aleaciones costosas o metales no féreos, por ejemplo nickel o hastelloy. También se emplearán en los periodos de arranque para limpieza de líneas.
  - En aquellas bombas conectadas a una misma línea de aspiración y descarga, de manera que se pueda aislar una bomba durante las operaciones de mantenimiento, se dispondrá lo necesario para poder insertar discos ciegos entre el filtro de aspiración y la válvula de aislamiento y entre la válvula de retención y la válvula de aislamiento.
  - Cuando un recipiente en la aspiración opera bajo un cierto vacío la toma de aspiración de la bomba deberá estar conectada permanentemente al espacio de vapor del recipiente de manera que se pueda cebar la bomba antes de arrancar sin necesidad de abrir la válvula de descarga.
  - Las líneas de agua de refrigeración a empaquetaduras, cierres mecánicos y/o envolventes de cojinetes deberán tenderse en grupos.
  - Los retornos se llevarán a su colector salvo donde exista la posibilidad de que esta agua se haya contaminado en cuyo caso se llevarán al colector de aguas sucias.
  - Se instalará un drenaje entre la válvula de retención y la de aislamiento de las bombas.
  - Se instalarán conexiones para manómetros entre la bomba centrífuga y la válvula de retención, en el lado de descarga.
  - Si en las bombas de desplazamiento positivo no hay previsto dentro de ellas un accesorio de seguridad, se deberá conectar un by-pass entre la entrada de la válvula de aislamiento en la descarga y la salida de la válvula de aislamiento en la aspiración.
  - Dicho by-pass irá provisto de una válvula de seguridad que proteja a la bomba contra sobrepresiones debido a bloqueos en la línea de descarga.
- Válvulas en líneas de bombas.

- Se instalará una válvula de aislamiento en las líneas de aspiración y descarga de cada bomba procurándose que todas ellas estén lo más cerca posible del equipo y que sean accesibles sin el empleo de cadenas o la extensión de los husillos.
- Las válvulas anteriores, así como los filtros tendrán el diámetro de las correspondientes líneas. Los cambios de sección (reducciones) se efectuarán normalmente entre las válvulas y las conexiones de las bombas. Solamente en circuitos de gran dimensión y siempre que no se produzca una gran pérdida de carga, se admitirá colocar las válvulas de tamaño de las conexiones.
- En aquellas bombas que manejen líquidos calientes o de alto punto de fluidez así como las que muevan agua en zonas propensas a las heladas, y siempre que no exista ningún sistema de protección (tracedo), se colocará una derivación (by-pass) de DN20 con válvula de asiento rodeando las válvulas de retención y aislamiento.

Este by-pass se empleará para hacer circular un pequeño flujo de calentamiento a través de la bomba de repuesto y así mantenerla preparada para el arranque siempre que esté conectada a la misma línea de descarga que la principal.

También podrá usarse para facilitar el drenaje de la línea de descarga y el equipo a través del orificio de drenaje situado en la carcasa de la bomba.

- Las líneas verticales podrán conectarse a un codo acoplado directamente a la boquilla de aspiración de la bomba. Este codo debe ser perpendicular al eje de la bomba.

En cualquier otro caso se deberá mantener un tramo recto en la aspiración de la bomba de longitud 3 veces el diámetro nominal de la línea como mínimo y colocado inmediatamente antes de la conexión de aspiración de la bomba.

- Se instalará una válvula de retención en la línea de descarga de todas las bombas centrífugas entre la conexión de la bomba y la válvula de aislamiento, de manera que en caso de que falle la alimentación eléctrica, la presión estática en el lado de descarga no pueda causar la rotación inversa de la bomba. Entre la válvula de retención y la de compuerta se situará un drenaje con válvula.

### 3.3.7.2.3. Intercambiadores de calor.

- Las tubuladuras de los equipos se posicionarán de forma que se obtenga el trazado más adecuado de la tubería.

Si estos equipos se agrupan, se unirán embridándose las respectivas tubuladuras.

- Si se prevén válvulas de aislamiento se deberá instalar una válvula de seguridad para proteger al equipo de sobrepresiones debidas a expansiones térmicas del líquido aislado.

- En condensadores y enfriadores se preverán conexiones para limpieza química, cuando sea necesaria.
- La tubería se dispondrá de manera que no impida retirar las tapas de carcasa y cabezal así como la extracción del haz de tubos. Puede ser conveniente prever un carrete, codo u otra pieza desmontable distinta de la válvula de aislamiento adyacente a la tapa del cabezal.
- Las conexiones de manómetro y termopares se montarán sobre las tuberías de conexión y no en cualquier parte del equipo.
- Los tapones para todas las conexiones que no se usen, serán de la misma especificación de material que la línea de entrada y salida de acuerdo a la que tenga mayor clasificación.
- Para unidades superpuestas y operando con las carcasas acopladas solo se dispondrá una ventilación en la unidad superior y un drenaje en la inferior a menos que la tapa de la carcasa sea de mayor diámetro que esta última. En este caso se colocarán los venteos y los drenajes en estas tapas.
- Todas las válvulas de venteo y drenaje previstas en carcasas y cabezales serán de DN20.

#### 3.3.7.2.4. Montaje y accionamiento de válvulas.

- Las válvulas inaccesibles desde el suelo o plataformas con el centro del volante a 2.000 mm por encima del nivel de operación, irán provistas de servomotor preferentemente, volante con cadenas, llaves (wrenches) o palancas. Se permitirá la utilización de una escala fija o portátil para acceder a las válvulas en líneas de venteo. Sin embargo, todas las válvulas de DN50 y mayores situadas en conexiones de recipientes deben ser operables desde plataformas.
- La longitud de las cadenas será tal que el extremo inferior esté a 900 mm del suelo. Las cadenas estarán sujetas a las columnas o paredes para no obstruir el paso siempre que sea posible.
- Las válvulas colocadas en zanjas tendrán prolongaciones de sus husillos hasta 300 mm por encima de la cubierta de la misma si el volante se sitúa a más de 100 mm bajo dicha cubierta. De la misma manera se procederá cuando los volantes se sitúen bajo plataformas o niveles de trabajo.
- Las válvulas situadas en torres o reactores se localizarán directamente en las boquillas a menos que en esa posición existan interferencias físicas para su manejo. Estas válvulas serán maniobrables desde el suelo o plataformas. Las válvulas no se situarán en el interior de los faldones de los recipientes.
- Las válvulas de control y las válvulas principales se colocarán al nivel más bajo posible, preferiblemente cerca del suelo, compatible con las necesidades de operación y mantenimiento.

- Las válvulas y bridas de servicios que manejan fluidos corrosivos peligrosos para los ojos y la piel deberán ser protegidas de fugas, con cubiertas de plástico de seguridad. Estas cubiertas deberán poseer un indicativo de la existencia de las pérdidas (por ej. cambiando de color).
- Siempre que por necesidades de operación frecuente así lo requieran, las válvulas indicadas a continuación se accionarán por medio de volante con desmultiplicador.

<b>Rating</b>	<b>Válvula de compuerta</b>
PN16	DN300 y mayores
PN40	DN300 y mayores
PN100	DN250 y mayores
PN150	DN200 y mayores

- Si es posible, los indicadores de nivel de vidrio y los instrumentos de nivel estarán próximos uno del otro y el indicador de nivel será visible desde la válvula manual que controla el nivel dentro de los recipientes.
- Donde se usen válvulas de aislamiento en líneas conectadas a colectores, estarán situadas en tramos horizontales en los puntos más altos para poder drenar en ambas direcciones.
- Las válvulas de asiento se instalarán de manera que cierren contra la presión.
- Se colocarán plataformas de acceso total a las válvulas de seguridad siempre que sea posible. Para aquellas que pesen más de 50 kg se dispondrán pescantes u otro medio de elevación adecuado.
- Las válvulas de retención de clapeta se instalarán siempre en posición horizontal. Cuando se necesite colocar válvulas de retención en posición vertical serán del tipo de obturación vertical adecuado a este uso (disco, bola, etc.).

### 3.3.7.2.5. Válvulas y sistemas de seguridad.

- Las líneas de descarga de las válvulas de seguridad para equipos adyacentes, pueden converger en un colector común teniendo presente que el colector deberá de tener un diámetro suficiente para que la descarga no se vea afectada y presentando especial atención a la expansión térmica del sistema.
- Las válvulas de seguridad que descarguen dentro de un colector común lo harán en la parte de arriba siempre que sea posible.
- Las válvulas de seguridad que descarguen vapor a la atmósfera lo harán por encima de cualquier área de trabajo próxima.

- Para prevenir la acumulación de agua en la tubería que descarga a la atmósfera se colocará un taladro de goteo de DN15 en la parte inferior del codo en la línea de descarga, el cual se conectará a una tubería de drenaje.
- Las tuberías de descarga y tramos ascendentes deberán ser adecuadamente soportadas para evitar todas las posibles tensiones y vibraciones en el punto de conexión a la válvula.
- Si el líquido contenido en una línea puede ser bloqueado entre válvulas y puede llegar a alcanzar por condiciones ambientales, una presión mayor que la de trabajo del sistema en que está contenido, deberá instalarse una válvula de seguridad en el mismo.
- Para eliminar los riesgos al personal y equipo adyacente, los puntos de descarga de las válvulas de seguridad de los recipientes dentro del área de proceso debe ajustarse a los requisitos mínimos que se detallan:
  - La descarga será vertical hacia arriba.
  - 25 m. Sobre el suelo en todos los casos.
  - 3 m. Sobre la parte más alta de plataformas o estructuras, en un radio menor de 8m.

#### 3.3.7.2.6. Venteos y drenajes.

- Siempre que sea posible, los drenajes y venteos se deberán realizar a través de los recipientes o las conexiones previstas a este fin en los equipos.
- En todos los casos las tomas para venteos y drenajes deberán cerrarse con brida ciega o tapón.
- Las conexiones para venteos y drenajes se harán de acuerdo con la especificación de la tubería a la que se conecte, reflejada en los P&ID's.
- Se drenarán y ventearán todos los sistemas de líneas que por necesidades de operación lo precisen, así como aquellas por las cuales circulen líquidos muy corrosivos.
- Los drenajes se localizarán en las partes más bajas y los venteos en las partes más elevadas de dichos sistemas.
- Cuando esto sea posible, drenajes y venteos se podrán utilizar para las pruebas hidráulicas antes de iniciar la operación normal. Si no, deberán instalarse conexiones independientes para este fin.
- Todos los venteos o drenajes irán provistos de válvulas de diámetros, DN15 para tuberías hasta DN25 inclusive y DN20 para tuberías de DN40 y mayores. Sin embargo, para servicios y tipos de tuberías especiales, el tamaño de la válvula de drenaje o venteo se elegirá de acuerdo con el mínimo posible.

- Los drenajes de operación se indicarán en los P&ID's correspondientes. Constarán de una o dos válvulas de aislamiento y se llevarán al colector de drenajes.
- El desagüe será visible desde la válvula de drenaje.
- Se dispondrá un drenaje con válvula de aislamiento aguas arriba de cada válvula de control de manera que se pueda descargar la línea antes de ejecutar trabajos de mantenimiento.

### 3.3.7.2.7. Conexiones para prueba y toma de muestras.

- Estas conexiones estarán indicadas en los P&ID's y serán accesibles desde el suelo o desde una plataforma de fácil acceso.
- Las conexiones de toma de muestras no se deberán localizar en extremos cerrados de tuberías y se agruparán siempre que sea posible.
- Las tuberías para toma de muestras serán tan cortas como sea posible. En general, no excederán de 8 m de longitud.
- Cada punto de toma de muestra tendrá dos válvulas. En la toma a la tubería principal se colocará una válvula de aislamiento de DN20 sin cambios de dirección entre ésta y la conexión. Para realizar la toma de muestra se dispondrá de una segunda válvula de DN15 situada aguas abajo de la anterior, previa reducción en la tubería.
- A las tomas de muestra en servicios calientes se les adaptará un enfriador permanente de muestras.
- En caso de corrientes en fase gas, la toma de la tubería de muestra se efectuará en la parte más alta de la línea.
- Si los gases son de características inflamables o tóxicas la conexión de toma de muestra se deberá llevar a una posición segura.

### 3.3.8. Directrices para sistemas de servicios.

#### 3.3.8.1. Agua de servicios.

- El agua de servicios se utilizará para los servicios generales de la planta (limpieza, riego, etc.) y para necesidades de proceso (dilución, refrigeración, humectación, etc.).

El agua de servicios se considera no potable, y por tanto no se utilizará como agua sanitaria en vestuarios, ni para consumo.

- Se preverán equipos de lavado de ojos y duchas de tipo diluvio para personal, cerca de las zonas cáusticas y de ácidos. Las duchas serán manipuladas con el pie y ambas serán alimentadas desde la red de agua potable.
- La red de agua potable alimentará a vestuarios y cuartos de aseo.
- Se podrán emplear tuberías de PE y PP para estos usos dentro de sus límites de utilización.
- Para líneas expuestas a heladas, incluso cuando sean de corta duración se adoptarán las siguientes medidas:
  - Las tuberías de agua de acero, en particular aquellas que conducen caudales intermitentes, deberán ser enterradas.
  - Las tuberías de plástico deberán enterrarse por debajo del nivel límite de helada. Las líneas para agua de servicio no se recomiendan que sean tendidas sobre el nivel del suelo. Preferiblemente se utilizarán tuberías de PEAD.
- Cuando se necesiten conexiones de agua para mangueras deberán localizarse y espaciarse de manera que en cualquier lugar donde se precise agua, pueda ser fácilmente obtenida por medio de mangueras de 15 m de largo.

La instalación incluye una válvula, una manguera de 15 metros de largo con conexión de tipo record rápido y un carrete.

Los racores, mangueras y carretes estarán de acuerdo con las normas locales.

- Las conexiones de agua de servicio al colector general se efectuarán aguas arriba de cualquier válvula de aislamiento en el límite de unidad para asegurar su alimentación en todo el tiempo. Si se emplea agua salada para refrigeración, se dispondrá una línea aparte de agua para alimentación a aquel circuito.
- El agua de servicios se podrá emplear para refrigeración de bombas, compresores, turbinas y en general aquellos equipos que no necesitan grandes cantidades de agua. En estos casos, siempre que el agua no esté contaminada, se estudiará su reutilización en alguna otra parte del proceso.

### 3.3.8.2. Lixiviado.

- Las tuberías de lixiviados deberán disponerse de forma que discurran siempre en sentido ascendente y que se eviten los puntos bajos.
- Los tramos horizontales y todos aquellos susceptibles de acumular sólidos por decantación, deberán ser bridados para facilitar su desmontaje y limpieza. La dirección de obra se reserva el derecho a proponer dichos puntos una vez haya sido entregada la ingeniería de detalle por parte del contratista.



### 3.3.8.3. Aire.

– Aire de instrumentos.

- El circuito de aire de instrumentos deberá ser completamente independiente del aire de servicio.
- Se evitará, dentro de lo posible, la utilización de aire de instrumentos para otros usos.
- Las líneas de toma al colector de aire de instrumentos se efectuarán por su parte superior, con válvulas de aislamiento en cada toma cerca del colector.
- Las tuberías de instrumentos se dotarán con drenajes en sus puntos más bajos y en los extremos cerrados.

– Aire de servicios.

- El aire de servicios se suministra para alimentar herramientas operadas con aire, limpieza, etc.
- El sistema de aire de servicios se dotará con drenajes para la purga del agua que puede acumularse. Estos drenajes se situarán en los puntos más bajos del circuito.
- Se instalará una válvula de aislamiento a la entrada de cada edificio o zona de proceso.
- Los ramales se conectarán al colector principal por su parte superior y se colocarán válvulas de aislamiento en cada ramal junto al lugar de empleo del aire. No se pondrán válvulas en los ramales junto al colector principal.
- Las tomas de aire de mantenimiento estarán provistas de conexiones tipo enchufe rápido.

## 3.4. Recipientes a presión

### 3.4.1. Normativa y códigos aplicables

Las normas aplicables son:

Todos los recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con la norma EN 13445 (Recipientes a presión no sometidos a llama). Alternativamente, pueden utilizarse otras normas aplicables, como ISO 16528, AWWA D100, API 650, etc.

Todos los recipientes deberán cumplir con las siguientes normas:

- Materiales utilizados: EN 13445-2
- Diseño: EN 13445-3
- Fabricación: EN 13445-4
- Inspección y pruebas: EN 13445-5

### 3.4.2. General

Todos los tanques/recipientes deberán estar completos con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento seguro, eficiente y estable. Los accesorios incluyen, pero no se limitan a, lo siguiente:

- conexiones de llenado, desbordamiento, muestreo, drenaje y ventilación
- válvulas de seguridad
- válvulas de liberación de presión
- controles de nivel o indicación de nivel, válvulas, tuberías, líneas de instrumentos y medidores
- interruptor de nivel para la vigilancia de alto y bajo nivel
- sobrellenado del enclavamiento
- indicadores de temperatura y presión (para los recipientes de presión).
- Preferiblemente escaleras con barandillas, o escaleras enjauladas para garantizar la seguridad del personal.

Se proporcionarán conexiones para todas las tuberías, junto con puntos de conexión y derivación para la instrumentación. En el diseño y el suministro deberán incluirse bocas de inspección, respiraderos, desagües, dispositivos de seguridad y todas las plataformas necesarias para un funcionamiento seguro y un mantenimiento fácil. Se proporcionarán anillas y argollas de elevación para permitir una fácil manipulación.

Si en cualquier condición de operación puede producirse vacío en los recipientes, éstos deberán estar diseñados para una presión máxima y un vacío total (= 100%). En caso de que exista la posibilidad de un vaciado accidental del recipiente, éste estará provisto de una válvula de interrupción de vacío diseñada adecuadamente para la máxima velocidad de vaciado.

A menos que se especifique lo contrario, todos los recipientes a presión se diseñarán para soportar todas las condiciones de funcionamiento, incluido el golpe de ariete, y no menos de 1,2 veces la presión a caudal cero de la bomba correspondiente en condiciones frías, o 1,2 veces la presión máxima de funcionamiento positivo, según proceda.

El factor de soldadura de todos los recipientes se fija en  $v = 1,0$ . El espesor mínimo de la pared no debe ser inferior a 10 mm, y una tolerancia de corrosión adecuada en función del material concreto, pero no inferior a 2 mm.

Las bocas de inspección se proporcionarán de la siguiente manera:

- pozo de registro (*manhole*, diámetro nominal mínimo de 600 mm) para los recipientes de 1,0 a 2,0 metros de diámetro
- pozo de registro (*manhole*, diámetro nominal mínimo de 800 mm) para vasos de 2,0 metros de diámetro o más

- asideros (tamaño mínimo de 200 mm) para vasos de menos de 1,0 metros de diámetro.

Las tapas de bocas de inspección con un peso nominal superior a 20 kg deberán estar provistas de brazos articulados.

Todas las boquillas estarán provistas de bridas y estarán dispuestas de tal manera que sea posible realizar conexiones prácticas de tuberías. La longitud de los tubos de unión será de al menos 200 mm, medidos desde la pared del tanque hasta la superficie de sellado de la brida. En el caso de los recipientes aislados, la longitud se elegirá de manera que haya un espacio libre de al menos 100 mm entre la cubierta del aislamiento y la parte inferior de la brida. Las boquillas de diámetro nominal DN 50 e inferior se reforzarán con dos nervaduras en planos diferentes. Las boquillas inferiores a DN 25 no son aceptables.

En el caso de los recipientes aislados, se deben tomar medidas para la fijación y el soporte del aislamiento.

Los depósitos/recipientes serán de construcción soldada, fabricados con chapa de acero dulce de calidad y grosor aprobados, adecuadamente endurecidos y alojados donde sea necesario. Los bordes de todos los refuerzos y correas de cubierta y los extremos de todos los tirantes se soldarán continuamente a las placas del tanque principal.

No se permite la soldadura en cadena. Todas las conexiones de tubos atornillados se harán con almohadillas soldadas. Los agujeros de los espárragos de las juntas no se perforarán a través de las almohadillas. Las conexiones de tuberías atornilladas se harán con espárragos y no con pernos de rosca y las conexiones se proporcionan en los lados de los tanques para permitir el mantenimiento desde el suelo del tanque.

Todas las partes internas del tanque deben ser reemplazables a través de la boca de inspección.

Todos los tanques y recipientes deberán estar provistos de un mínimo de dos (2) etiquetas de puesta a tierra, por lo que el tanque o recipiente deberá estar conectado al sistema de puesta a tierra mediante dos cables de puesta a tierra separados.

Los tanques prefabricados deberán, como mínimo, recibir una capa de imprimación antes de su transporte. Se limpiarán y secarán internamente. Todas las aberturas deben ser aseguradas y cerradas antes del transporte.

El Contratista se asegurará de que para todos los tanques de acero empotrados o tanques que descansan sobre una base de hormigón, se apliquen medidas de protección adecuadas para evitar la corrosión de la base del tanque.

### 3.5. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor deben diseñarse, fabricarse y montarse de acuerdo con las normas aplicables (2.1), preferiblemente a las normas de la HEI.

Sólo se entregarán productos probados. No se permiten componentes de hierro fundido.

Los intercambiadores de calor deben poder ser instalados y desmontados sin dificultad. Se proporcionarán orejetas de elevación y otros equipos especiales para permitir un fácil manejo.

Se aceptan intercambiadores de calor tubulares o de placas y marcos. Cuando sea necesario, los tubos deben ser protegidos por escudos de impacto. Se proporcionará un número adecuado de puertos de inspección visual en las zonas críticas para facilitar la vigilancia de las condiciones.

A menos que se especifique lo contrario, todos los tubos y carcasas de los intercambiadores de calor deberán estar diseñados para soportar 1,2 veces la presión a caudal cero de la bomba correspondiente en condiciones frías, o 1,2 veces la presión máxima de funcionamiento positivo, según proceda. La presión mínima de diseño es de 6 bar, y el diseño será a prueba de vacío total. Todos los intercambiadores de calor (tubos, carcasa, placas) se diseñarán de tal manera que todas las piezas presurizadas puedan ser sometidas a una prueba de presión hidrostática según se define en la PED o (Directiva 2014/68/UE) (presión máxima admisible multiplicada por el coeficiente).

La presión de funcionamiento más alta se situará en el lado del tubo. Se requiere la aprobación de la Propiedad si la presión más alta se encuentra en el lado de la carcasa.

Los intercambiadores de calor estarán diseñados para la temperatura máxima alcanzada más 20 K.

En el diseño se tendrá en cuenta un factor de limpieza no superior al 90 %. El taponamiento de al menos el 5% de los tubos será posible sin pérdida de rendimiento.

Se dará una importancia considerable a la facilidad de limpieza de los intercambiadores de calor. Para la limpieza del intercambiador de calor, el Contratista debe tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- Accesibilidad de los intercambiadores de calor, es decir, pasarelas, etc.
- Las tapas finales deben ser desmontables para permitir el acceso a los tubos
- El intercambiador de calor no estará situado en las proximidades de ningún equipo eléctrico para permitir una limpieza segura con agua
- El diseño de los intercambiadores de calor permitirá la limpieza con un spray de agua a alta presión y/o un agente químico de limpieza.

Cuando se pueda aislar cualquier parte del intercambiador de calor que esté en contacto con el líquido y exista la posibilidad de que se caliente por el otro lado, se deberán prever válvulas de seguridad para el alivio de la presión.

Las tuberías de los desagües, respiraderos y válvulas de seguridad deberán agruparse y dirigirse a puntos fácilmente observables equipados con embudos cubiertos o a los tanques flash.

## 3.6. Aislamiento térmico

### 3.6.1. Normativa y códigos aplicables

Las normas aplicables son:

- EN ISO, 12241 Aislamiento térmico para equipos de construcción e instalaciones industriales - Reglas de cálculo
- EN 13162, Productos de aislamiento térmico para edificios - Productos de lana mineral (MW) fabricados en fábrica - Especificación
- EN 13165, Productos de aislamiento térmico para edificios - Productos de espuma rígida de poliuretano (PUR) fabricados en fábrica - Especificación
- EN 13167, Productos de Aislamiento Térmico para Edificios - Vidrio Celular Fabricado en Fábrica (CG) Productos - Especificación
- EN 13467, Productos aislantes térmicos para equipos de construcción e instalaciones industriales - Determinación de las dimensiones, la cuadratura y la linealidad del aislamiento de tuberías preformadas junto con EN 13468:2001, EN 13469:2001, EN 13470:2001, EN 13471:2001 y EN 13472:2001
- EN 13172, Productos de aislamiento térmico - Evaluación de la conformidad
- DIN4140, Trabajos de aislamiento en instalaciones industriales y equipos de construcción - Ejecución de aislamiento térmico y de frío. Soldadura EN ISO 14555 - Soldadura de pernos de arco de materiales metálicos
- UNE 92330, Criterios de instalación del aislamiento térmico en instalaciones industriales de tuberías, equipos, tanques, conductos y superficies calientes, cuyo rango de Tª sea de 0°C hasta 700°C
- EN 485, Aluminio y aleaciones de aluminio - Lámina, tira y placa

### 3.6.2. General

El aislamiento térmico se diseñará e instalará de acuerdo con las normas EN ISO 12241, o equivalente considerando los siguientes requisitos mínimos:

- Se proporcionará aislamiento para la protección del personal, la conservación del calor, la reducción del ruido y la prevención de la formación de condensación en todas las tuberías y equipos cuya temperatura superficial externa supere los 50°C.
- Todo el material de aislamiento tiene que estar hecho de materiales sin amianto.
- Todo el material de aislamiento tiene que estar hecho de materiales no cancerígenos.
- Todos los materiales de aislamiento que se vayan a utilizar, estarán sujetos a la aprobación de la Propiedad.
- El uso de material cerámico está sujeto a la aprobación de la Propiedad.
- El material de aislamiento debe cumplir con las normas EN14303, EN 14304, EN 14305 y EN 14308+A1.
- El Contratista elaborará una especificación detallada de todos los aislamientos térmicos, incluido el diseño.
- El Contratista elaborará una especificación para el aislamiento de ruido y vibración, incluyendo el diseño.

- Cuando se proporcione aislamiento para la conservación del calor, se reducirá la pérdida de calor a un mínimo económico. La máxima pérdida de calor será de 150 W/m<sup>2</sup> a una temperatura ambiente aceptable a 30°C y una velocidad del viento de 1 m/s.
- La definición del espesor del aislamiento económico tendrá en cuenta los parámetros de funcionamiento del sistema, las dimensiones, la temperatura ambiente, la velocidad del viento y el tipo de material de aislamiento. Todos los cálculos necesarios para el desarrollo del espesor de aislamiento económico deben ser realizados por el Contratista.

### Tipo de materiales aislantes

Sólo se usarán esteras de lana mineral. El amianto no se utilizará como aislante.

Pueden utilizarse los siguientes materiales aislantes:

- Tubería DN ≤ 250 mantas de forma prefabricada
- Tubería DN > 250 manta

Las cubiertas serán de formas estables, químicamente inertes, libres de azufre y álcali, resistentes al agua y al vapor, no inflamables y capaces de soportar una exposición continua a la temperatura de diseño de la tubería. Las esteras utilizadas para el aislamiento de los equipos de acero inoxidable tendrán un contenido de cloruro inferior al 0,15%.

El material tendrá las siguientes propiedades físicas/químicas (en general ± 10% de tolerancia, la tolerancia de conductividad está limitada a + 5%):

- Temperatura de servicio hasta 600°C
- Densidad 120 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción de agua 0.5% peso
- Capacidad calorífica específica 0.84 kJ/kg °C
- Presión compresión 20 k Pa
- Conductividad vs temperatura

Temperatura media	Capa (W/m °C)
0	0.034
50	0.040
100	0.048
150	0.058
200	0.070
250	0.083
300	0.100

El nombre del fabricante y las propiedades de los materiales serán etiquetados en cada paquete de material aislante.

Se utilizarán esteras de lana mineral o de roca de fibra larga, acolchadas con malla de alambre en un lado, de entre 30 y 100 mm de grosor. Malla de alambre de acero galvanizado, con un tamaño máximo de malla de 25 mm y un diámetro de alambre de 0,7 mm. Como alternativa, también se puede utilizar el alambre de acero inoxidable (a temperaturas > 400°C, se debe utilizar acero inoxidable con un diámetro de al menos 0,5 mm).

Para fines especiales como para turbinas, calderas, etc., se puede aplicar también un aislamiento de tipo spray o de ladrillo aislante (por ejemplo, silicato de calcio). El Contratista indicará los materiales especiales de aislamiento y su diseño se ajustará al diseño general y garantizará los requisitos establecidos en las especificaciones.

### **Tipo de materiales de ajuste de aislamiento**

Las tapas de los tanques caminables estarán equipadas con un aislamiento lo suficientemente fuerte como para permitir el mantenimiento y la reparación sin deformaciones.

Las láminas se asegurarán y conectarán en las costuras longitudinales con al menos cinco tornillos autorroscantes de acero inoxidable por cada metro de recorrido.

Las láminas para superficies planas no excederán de 1 metro cuadrado y se endurecerán por medio de un engarce.

En las juntas longitudinales y circunferenciales, las láminas se superpondrán por lo menos 50 mm para que el líquido se escurra y no quede atrapado en el aislamiento.

Los lugares en los que se penetra en las láminas de metal para colgar tuberías, enchufes de termómetro, etc., se sellarán con huecos en forma de embudo o bordes de láminas de metal.

Las costuras y penetraciones de cualquier chaqueta aislante de chapa metálica instalada en el exterior, así como en la zona de la caldera y la casa de la turbina en zonas con riesgo de salpicaduras de agua, etc., se sellarán contra la penetración de agua mediante un sellador adecuado a base de silicona.

El interior de la cubierta de aluminio se protegerá contra la corrosión por contacto de la malla de alambre de las esteras aislantes con medios adecuados (por ejemplo, papel Kraft).

Fijación de los espárragos mediante soldadura de espárragos EN ISO 14555 o soldadura a mano.

El material aislante de las partes redondeadas de la instalación puede fijarse con correas tensoras.

El aislante tampoco se debe deslizar en caso de vibraciones, ni descolgarse cuando se coloca en horizontal, ni embolsarse cuando se coloca en vertical. Esto también es particularmente aplicable a los objetos que están sujetos a vibraciones, por ejemplo, los silos con vibradores.

El revestimiento de la superficie estará hecho de láminas de aluminio especificadas como "99,5% de aluminio grado H24, superficie de acabado de molino" de acuerdo con la norma EN 485, fabricadas en láminas con el siguiente grosor mínimo:

Diámetro externo de tubería	Recubrimiento de aluminio
≤ DN 150	0.6
> DN 150, ≤ DN 300	0.8
> DN 300, < DN 1200	1.0
> DN 1200 and vessels	1.2

### **Aislamiento de la caldera y otras partes principales**

El aislamiento de hasta 80 mm de espesor de la capa se aplicará en una sola capa, por encima de eso en varias capas con juntas y costuras descentradas.

Las esteras se asegurarán en su posición por medios adecuados y se coserán entre sí con alambres de acero inoxidable de un diámetro mínimo de 1,0 mm.

### **Aislamiento de bridas, válvulas y accesorios**

Todas las bridas, válvulas y accesorios deberán estar provistos de tapas de dos o varias piezas de chapa de aluminio del grosor especificado. Cada pieza o parte tendrá un doble encamisado y las distintas partes se mantendrán unidas por abrazaderas de liberación rápida o ganchos de palanca para facilitar el montaje y desmontaje.

Todas las tapas de los accesorios soldados se alargarán aproximadamente el doble del grosor del aislamiento, de modo que las costuras de soldadura queden expuestas después de retirar la tapa.

Todas las bocas de inspección serán provistas de tapas aislantes con bisagras, siempre que sea posible. Tales cubiertas se asegurarán con abrazaderas de fácil acceso.

### **Aislamiento de tanques y equipos de proceso**

Los tanques y el equipo de proceso serán aislados de la misma manera que las tuberías, excepto que el material aislante no se fijará con alambre sino con fuertes bandas de acero inoxidable.

Los espaciadores se deben soldar al equipo de proceso sólo si esto es esencial para la retención satisfactoria del aislamiento. La soldadura de los espaciadores al equipo de procesamiento está sujeta a la aprobación por escrito de su fabricante.

### **Aislamiento para la protección del personal**

Siempre que el aislamiento sea necesario sólo para la protección del personal, se aplicará alrededor de la porción de la longitud de la tubería o a la superficie del equipo que esté situada a menos de 2,50 m por encima del suelo del pasillo, o a menos de 1,20 m horizontalmente al lado o al final de cualquier piso, plataforma, pasillo, escalera o escalera de mano.



Cuando sea necesario, las líneas de drenaje y las válvulas estarán provistas de una protección de contacto de un mínimo de 30 mm de espesor contra el contacto accidental, y ésta se instalará de la misma manera que el otro aislamiento.

Todas las superficies accesibles para el personal con temperaturas superiores a 50°C tendrán un aislamiento protector. La temperatura máxima de la superficie de aislamiento será de 60°C. Se considerará la norma EN ISO 13732-1.

### **Requisitos adicionales para el aislamiento del frío**

El aislamiento de los servicios de temperatura fría es necesario para:

- conservación en frío
- evitando la condensación de vapor en la superficie exterior del sistema de aislamiento de las tuberías y equipos que tienen una temperatura por debajo del punto de rocío de la atmósfera circundante
- protección del personal contra las superficies frías.

Todas las tuberías y equipos se aislarán como una unidad con una detención de vapor en cada interrupción, incluyendo, pero no limitándose, a las válvulas, bridas, codos, tes, soportes, colgadores y otras protuberancias.

Todos los soportes de las tuberías serán de un "diseño pre-diseñado" incorporando un aislamiento de frío de varias capas incluyendo una barrera de vapor y un escudo de protección.

El aislamiento de frío utilizado deberá permitir el etiquetado/marcado de acuerdo con la sección pertinente de esta especificación.

El aislamiento de frío en las válvulas, conexiones de bridas o instrumentación deberá ser fácilmente removible.

Las láminas de aislamiento de frío autoadhesivas pueden ser usadas como aislamiento de frío para las tuberías.

## **4. EQUIPOS ELÉCTRICOS**

Esta sección trata los diferentes requisitos para el equipo eléctrico general que se utilizará dentro de la Planta.

### **4.1. Centros de control de motores (CCM's).**

Los cuadros de centro de control de motores (CCM), serán los cuadros eléctricos desde los que se realizarán las maniobras de los motores y las alimentaciones a los subcuadros de las instalaciones de cada proceso y que estarán situados en salas eléctricas provistas de climatización o ventilación.

Cuando los cuadros estén situados directamente en zonas de proceso junto a equipos mecánicos tendrán la consideración de cuadros locales.

Los cuadros de CCM serán conjuntos verificado conforme la norma UNE EN 61439 ejecutados por el "Fabricante Original" o por el "Fabricante del cuadro"

Los cuadros serán metálicos, construido por módulos verticales que formarán un conjunto único y rígido de frente común, con puertas frontales y cerraduras de doble paletón. Se diseñarán con un 20% de espacio de reserva para futuras ampliaciones.

Se dimensionarán mediante columnas de 800x x 500 x 2000 mm (ancho x fondo x alto). Las columnas estarán provistas de un zócalo de 200 mm adicional. El color será el RAL 7032.

El paso de cables para acometidas y salidas será por la parte inferior del cuadro, que se sellará una vez finalizada la instalación del cableado.

Grado de protección IP según su ubicación:

- En salas eléctricas ventiladas o con aire acondicionado ..... IP-32.

El tipo de ejecución será fija con forma de compartimentación 2b, según UNE-EN 61439-2. Las partes activas interiores estarán protegidas con el grado de protección IPxxB

Estarán provistos de iluminación tipo LED accionada por finales de carrera y toma de corriente interior, y si se requiere de calefacción con termostato y ventilación con filtros. Dispondrán de una bandeja portaplanos y un juego de esquemas eléctricos en su última versión.

En la zona superior del cuadro se instalará una placa de plástico laminado negro, con letras grabadas en blanco con el tag y la descripción del cuadro y, dispondrán de una placa marcada de forma duradera y dispuesta en un lugar visible y legible con la información requerida para conjuntos eléctricos en la norma UNE-EN 61439.

En el interior, todo el aparellaje, cableado y regleteros, estarán identificado según los esquemas eléctricos, además los interruptores de protección dispondrán de una placa con la descripción del servicio que alimenta.

Los esquemas eléctricos se realizarán conforme las normas UNE-EN 61082 y UNE 200002.

Su tensión de servicio será de 400V y serán aptos para soportar las solicitaciones producidas por la intensidad de cortocircuito correspondiente al diseño de la instalación eléctrica de la planta, que se definirá durante el desarrollo del proyecto.

La acometida se realizará a 400 Vca, a 3F+N+T.

En el diseño se tendrá en cuenta que el régimen de neutro de BT en los CCM's será el TT.

Dispondrán de un embarrado de potencia adecuado para la intensidad nominal en servicio continuo, sin sobrepasar el calentamiento máximo admisible.

El aparellaje será de marcas de reconocido prestigio y deberá estandarizarse con el resto del aparellaje de la planta. Se dispondrá de forma accesible y claramente identificado.

En la acometida dispondrán de un interruptor o seccionador en carga de corte omnipolar, así como protección contra sobretensiones coordinadas con el resto de protecciones de la instalación y analizador de redes para visualizar y comunicar con el sistema de control los parámetros eléctricos de funcionamiento.

Estarán provistos de relés de protección por mínima tensión (función 27) en barras principales de los cuadros, con una actuación instantánea que generará una alarma y una actuación temporizada que producirá el disparo de todos los motores asociados, interrumpiendo el circuito de la tensión de mando de 230 Vca a los arrancadores de los motores

Dispondrán de los transformadores y fuentes de alimentación auxiliares siguientes:

- Transformador 400/230 Vca y en caso de requerirse fuente de alimentación redundada a 24 Vcc y de funcionamiento en paralelo, ambos con un 20% de potencia de reserva, desde donde se obtendrán las tensiones de maniobra y control requeridas para los distintos equipos del suministro.
- Transformador 400/230 Vca para alimentar los servicios auxiliares de alumbrado, toma de corriente, ventilación y calefacción del cuadro.
- Transformador 400/230 Vca dimensionado con un 20 % de reserva, para alimentar las resistencias calefactoras de los motores en caso de requerirse.

Los criterios de diseño para aplicar en los circuitos de maniobra de los motores serán los siguientes:

- a) Los motores de potencia nominal inferior a 7 kW utilizarán arranque directo. Para potencias iguales o superiores dispondrán de arrancador estático con by-pass, y si el motor está provisto con variador de frecuencia, para el control de su velocidad, el arranque se efectuará

por medio de su propio variador. En el circuito de potencia del variador se intercalará un contactor para corte general de la alimentación.

Los variadores de frecuencia podrán instalarse fuera del cuadro de CCM, montados directamente en la pared de la sala eléctrica de BT con la alimentación y protección y circuitos de maniobra asociados instalados en el cuadro de CCM.

- b) La tensión de los circuitos de mando y señalización de todos los arrancadores será de 230 Vca. Cada circuito de maniobra dispondrá de protección individual con int. auto. magnetotérmico.
- c) El circuito de alimentación de potencia de cada motor constará de:
- Para motores de potencia nominal inferior a 37 kW, interruptor automático de protección de motor, con protección magnetotérmica y protección diferencial ajustable en sensibilidad y tiempo.
  - Para los motores con potencia nominal igual o superior se preverá un interruptor automático con protección magnética, protección diferencial ajustable en sensibilidad y tiempo, y un relé electrónico integral de protección de motor, con las siguientes funciones:
    - Sobrecargas térmicas.
    - Fallo de fase.
    - Bloqueo del rotor.
    - Inversión de fases.
    - Subcargas.

La actuación de las protecciones del motor provocará la apertura del circuito de mando y señalización del contactor del motor.

- Contactor, de ruptura al aire, seleccionado según categoría AC-3 a 400 V para una potencia nominal inmediata superior, como mínimo, a la del motor que deba maniobrar, con contactos auxiliares de estado "abierto" y "cerrado". Dispondrá de módulo antiparasitario para corriente alterna
- d) Se utilizarán los siguientes calibres de contactores para las potencias de motores que se indican:

<b>Potencia (kW)</b>	
<b>Contactador (400V, AC-3)</b>	<b>Motores a ser alimentados</b>
7,5	$P \leq 5,5$
18,5	$7,5 \leq P \leq 15$
37	$18,5 \leq P \leq 30$

- e) Los motores de potencia igual o superior a 18,5 kW incorporarán resistencias de calentamiento que se alimentarán a 230 Vca. a través de un contacto auxiliar del contactor del motor que efectuará la conexión automática de las resistencias cuando se produzca la parada del motor. Cada circuito dispondrá de protección individual con int. auto. magnetotérmico.
- f) Los motores de potencia igual o superior a 18,5 kW y todos los motores controlados por un variador de frecuencia estarán provistos de tres termistores encapsulados PTC (uno por fase) situados en las cabezas de bobina del devanado del estator. Los termistores se conectarán en serie y su temperatura nominal de actuación será de 125 °C. (máx. temperatura permisible para la clase B de aislamiento). Se dispondrá de un relé electrónico de control de temperatura del motor mediante resistencia PTC, la actuación del relé se comunicará al sistema de control de Planta (SC) para disponer de una alarma de temperatura en los devanados del motor.
- g) Se preverán convertidores de intensidad con salida 4-20 mA, para la transmisión de su medida al Sistema de Control de Planta en todos los motores cuya potencia sea igual o mayor a 37 kW.
- h) Las órdenes de "marcha" y "paro" del motor serán mantenidas y provendrán del Sistema de Control, actuarán mediante unos relés de acoplamiento (KC) a 24 Vcc. alimentados desde el mismo Sistema de Control, cuyos contactos de salida activarán o desactivarán la bobina del contactor del motor. Los relés serán enclavables manualmente.
- i) Para los motores que se alimenten desde los cuadros de CCM situados en salas eléctricas se preverán unas botoneras locales de mando de proceso que permitan arrancar y parar el motor desde campo, para operaciones de mantenimiento.
- j) Se dispondrán de relés de seguridad, activados por las botoneras de emergencia distribuidas por las zonas de proceso, por interruptores de tirón de emergencia de cintas transportadoras y otros dispositivos que por razones de seguridad de los del equipo y/o de las personas provocarán el paro conjunto de toda la instalación.
- k) En el frontal de las puertas de los cuadros, tanto si se dispone de botonera local como si las maniobras se realizan desde el propio cuadro, se dispondrán las señalizaciones luminosas del estado de marcha, paro y alarmas/disparos del circuito de maniobra, los terminales remotos de operación y programación de variadores de frecuencia y arrancadores estáticos, y cuando sea posible los pulsadores de rearme remotos de los relés de protección. Dispondrán de circuito prueba lámparas.

Los circuitos del cuadro, contemplarán en su diseño que se deberán comunicar con el sistema de control las señales de estado y alarmas de los elementos situados en su interior.

De forma general, todos los seccionadores, interruptores magnetotérmicos, y fusibles, dispondrán de contactos auxiliares de indicación de estado o fusión, los cuales dependiendo del circuito al que pertenezcan, se cablearán de forma individual o bien seriados hasta el sistema de control para indicación de alarma.

Desde los mismos cuadros de CCM se podrán realizar alimentaciones a cuadros eléctricos locales de los equipos que estén provistos de cuadros de maniobra propios. En general estos cuadros eléctricos locales estarán situados en zonas de proceso.

Las alimentaciones a los cuadros eléctricos locales se realizarán con interruptores automáticos con protección magneto térmica y diferencial.

Los cuadros de CCM podrán estar provistos de una columna o espacio específico para ubicar módulos o tarjetas de entradas / salidas distribuidas pertenecientes al sistema de control particular al que estén asociados.

En caso de disponer de columna con tarjetas de entradas / salidas, todas las señales del cuadro de CCM se cablearán hasta dichas tarjetas de entradas / salidas.

Los criterios en cuanto a cableados, bornas y señales, fuentes de alimentación y módulos de entradas y salidas para las columnas de tarjetas de entradas / salidas, serán los mismos que los utilizados en los cuadros de control.

## **4.2. Cuadros locales.**

Tendrán la consideración de cuadros locales, todos los cuadros eléctricos, de pequeña envergadura, utilizados para alimentar, maniobrar o realizar el control de consumidores eléctricos relacionados con el proceso, cuando dichos cuadros sean suministrados por el propio fabricante del equipo mecánico al que estén asociados.

Podrán estar situados junto a su equipo mecánico asociado, o bien en salas eléctricas secundarias dedicadas y situadas junto a instalaciones concretas de proceso.

Cuando sean del tipo columna, se dimensionarán mediante columnas de 800x x 500 x 2000 mm (ancho x fondo x alto). Las columnas estarán provistas de un zócalo de 200 mm adicional. El color será el RAL 7032.

El paso de cables será por la parte inferior del cuadro. Todos los pasos deberán quedar sellados una vez finalizada la instalación del cableado.

Estarán contruidos en chapa de acero de 2 mm. con armadura de refuerzo interior, con puerta frontal y cierre por cerradura de doble paletón.

Grado de protección IP según su ubicación:

- En salas eléctricas ventiladas o con aire acondicionado y sobrepresionadas..... IP-32
- En zonas de máquinas situados localmente junto al equipo y en el exterior ..... IP-55
- En la zona de pretratamiento y de afino ..... IP-65

Para los situados en el exterior se tomarán medidas adicionales consistiendo en cubiertas contra salpicaduras de agua, pantallas solares, sellos adicionales o revestimientos especiales, según su emplazamiento.

El tipo de ejecución será fija con forma de compartimentación 2b, según UNE- EN 61439-2. Las partes activas interiores estarán protegidas con grado de protección IPxxB

Estarán provistos de iluminación y toma de corriente interior, calefacción con funcionamiento con termostato y ventilación con filtros o aire acondicionado según necesidades. Si por el lugar de ubicación es recomendable se deberán presurizar interiormente con aire limpio. Dispondrán de una bandeja portaplanos y un juego de esquemas eléctricos en su última versión.

En la zona superior del armario se instalará una placa de plástico laminado negro, con letras grabadas en blanco con el tag y la descripción del cuadro. Estarán provistos de una placa marcada de forma duradera y dispuesta en un lugar visible y legible con la información requerida para conjuntos eléctrico en la norma UNE-EN 61439.

En el interior, todo el aparellaje, cableado y regleteros, estarán identificado según los esquemas eléctricos, además los interruptores de protección dispondrán de una placa con la descripción del servicio que alimenta.

Los esquemas eléctricos se realizarán conforme las normas UNE-EN 61082 y UNE 200002.

El armario y su aparellaje se dimensionarán para una Icc que se definirá durante el desarrollo del proyecto.

La alimentación para la acometida de potencia se realizará a 400 Vca (3F+T) o 400/230 Vca (3F+N+T), 50 Hz, según necesidades.

En el diseño se tendrá en cuenta que el régimen de neutro de BT en los cuadros locales será el TT.

Las barras de distribución principales y secundarias serán de cobre con dimensiones normalizadas y aisladas para una tensión nominal de 500 V, y se dimensionarán de acuerdo con la potencia instalada más un 25% de reserva.

En los armarios con dos (2) columnas o más se instalará siempre un embarrado horizontal a lo largo de todo el armario, desde donde se distribuirá la alimentación a los diferentes circuitos de potencia.

Dispondrá de una barra de puesta a tierra de cobre electrolítico de 40 x 5 mm<sup>2</sup>

El cableado interno del cuadro se realizará mediante cable flexible libre de halógenos y aislado para 750 V.

El aparellaje será de marcas de reconocido prestigio y deberá estandarizarse con el resto del aparellaje de la planta.

Se dispondrá de forma accesible y claramente identificado, dejando un 15 % de espacio de reserva.

En la acometida dispondrán de un interruptor o seccionador en carga de corte omnipolar, analizador de redes con bus de comunicación con el sistema de control y protección contra sobre tensiones.

Dispondrán de los transformadores y fuentes de alimentación auxiliares siguientes:

- Transformador 400/230 Vca y en caso de requerirse fuente de alimentación redundada a 24 Vcc y de funcionamiento en paralelo, ambos con un 20% de potencia de reserva, desde donde se obtendrán las tensiones de maniobra y control requeridas para los distintos equipos del suministro.
- Transformador 400/230 Vca para alimentar los servicios auxiliares de alumbrado, toma de corriente, ventilación y calefacción del cuadro.
- Transformador 400/230 Vca dimensionado con un 20 % de reserva, para alimentar las resistencias calefactoras de los motores en caso de requerirse.

Cuando los circuitos pertenezcan a instalaciones de atmósferas potencialmente explosivas, se instalarán en el armario los correspondientes elementos de separación (p.e. barreras zener) de forma que el posible riesgo eléctrico quede restringido al propio armario.

Los circuitos de maniobra de motores se deberán diseñar siguiendo los criterios generales establecidos para el diseño de los CCM's que están previstos ubicar en las salas eléctricas de la Planta, y que son extensivos a los armarios locales que incluyan arrancadores de motores, con las puntualizaciones que se indican a continuación:

- Para los motores que estén alimentados desde un armario local que esté situado próximo a los motores que alimenta, se requerirán botoneras locales que incluyan únicamente el PARO DE EMERGENCIA del motor, previendo que las restantes funciones de mando local y transferencia local/remoto, deberán estar incluidas en el propio armario local.

En el caso de que el equipo mecánico disponga de un armario local principal y varios subcuadros, desde el principal se realizará la alimentación al resto. Cada una de las salidas de alimentación estará protegida con interruptor automático magnetotérmico y protección diferencial.

Los interruptores de distribución podrán dimensionarse para una Icc inferior, siempre y cuando queden protegidos por filiación con los interruptores situados aguas arriba.

Si el cuadro local incorpora un PLC para el control del equipo, la CPU y las tarjetas de entradas y salidas deberán estandarizarse, dentro lo posible, con los mismos elementos del sistema de control de la planta.

Los criterios en cuanto a cableados, bornas y señales, fuentes de alimentación y módulos de entradas y salidas, serán los mismos que los utilizados en los cuadros de control de la planta.



### **4.3. Botoneras locales de mantenimiento.**

Las botoneras locales de mantenimiento se utilizarán para realizar maniobras locales en los equipos de proceso. Se instalarán junto a los motores en los que sus arrancadores están situados en un cuadro de CCM alejados de los equipos.

Las botoneras serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio con un grado de protección IP-668. Incluirán el aparellaje siguiente:

- Selector de "LOCAL-REMOTO" provisto de llave para transferencia del mando local desde la botonera al mando remoto desde el sistema de control.
- Pulsador de "MARCHA" y pulsador de "PARO" para maniobra cuando el selector esté en posición local.
- Pulsador tipo seta de "PARO DE PROCESO" de color negro con desenclavamiento por llave. Esta seta detendrá el funcionamiento del motor asociado con independencia de la posición del selector local – remoto. Por software pararan todos los equipos situados aguas arriba.
- Pilotos de alta luminosidad para indicación de marcha (color verde) e indicación de paro (color rojo). En maniobras con inversión de giro dispondrán de 2 pilotos de indicación de marcha.

Las botoneras se podrán cablear a cuadros de control, cuadros locales de E/S descentralizadas del sistema de control distribuidos en las zonas de proceso, o directamente a los circuitos de maniobra de los cuadros de CCM.

### **4.4. Botoneras locales de emergencia.**

Las botoneras locales de emergencia se utilizarán para realizar una parada de emergencia del conjunto de los equipos de la instalación a la que pertenezcan.

Las botoneras serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio con un grado de protección IP-668. Incorporarán el aparellaje siguiente:

- Pulsador tipo seta de "PARO DE EMERGENCIA" de color rojo con desenclavamiento por llave, sobre un círculo de color amarillo, provisto de 2 contactos: 1 NC para el circuito de paro de emergencia y 1 NC para el circuito de señalización de estado en el sistema de control.

Los contactos de paros de emergencia de todas las botoneras de emergencia estarán seriados y se cablearán hasta un relé de seguridad situado en el cuadro de CCM. La pulsación de cualquier botonera provocará el paro simultáneo de todos los motores de la instalación asociada.

Los contactos de señalización de estado se cablearán hasta los cuadros de control o hasta cuadros locales de E/S descentralizadas del sistema de control distribuidas en las zonas de proceso.

#### **4.5. Interruptores de tirón de emergencia.**

De forma general las cintas transportadoras dispondrán de interruptores de tirón longitudinales, y en casos particulares también habrá cintas transportadoras y alimentadores que podrán disponer de interruptores de tirón transversales cerca de los puntos de descarga.

Los interruptores de se utilizarán como las botoneras locales de emergencia para realizar una parada de emergencia del conjunto de los equipos de la instalación a la que pertenezcan.

Estarán provistos de 2 contactos: 1 NC para el circuito de paro de emergencia y 1 NC para el circuito de señalización de estado en el sistema de control

Los contactos de paros de emergencia de todos los interruptores de tirón estarán seriados y se cablearán hasta un relé de seguridad situado en los armarios de CCM. La actuación de cualquier interruptor de tirón provocará el paro simultáneo de todos los motores de la instalación asociada.

Los contactos de señalización de estado se cablearán hasta los cuadros de control o hasta cuadros locales de E/S descentralizadas del sistema de control distribuidas en las zonas de proceso.

#### **4.6. Motores eléctricos.**

- Los motores eléctricos de la Planta estarán fabricados y ensayados de acuerdo con las normas UNE o CEI aplicables, y deberán cumplir con la Reglamentación española vigente.
- En general serán de rotor en jaula de ardilla, excepto cuando se acepten expresamente otros tipos.
- Para las potencias superiores a 0,4 KW serán motores trifásicos con alimentación a 400 V, 50 Hz, y estarán bobinados a 400/690 V y conectados en triángulo. Para potencias iguales o inferiores a 0,4 KW se podrán utilizar motores monofásicos, alimentados a 230 V, 50 Hz.
- Todos los motores tendrán aislamientos de clase F, pero sus calentamientos deberán estar limitados a los correspondientes a la clase B.
- El rendimiento de todos los motores eléctricos que estén dentro del campo de aplicación de la UNE-EN 60034-30 serán como mínimo de la clase de rendimiento IE3 (Eficiencia Premium) o clase de rendimiento IE2 (Alta eficiencia) si están alimentados a través de un convertidor de frecuencia

- Los motores serán totalmente cerrados, autoventilados y con un grado de protección IP-55 como mínimo, a excepción de aquellos que deban cumplir con las exigencias de la ITC-BT-29 o con mayores requerimientos debido al servicio que realicen.
- El rotor y el estator estarán protegidos mediante una impregnación especial anticorrosiva.
- Todos los motores serán autoventilados. Para todos los motores alimentados mediante variador de frecuencia, el suministrador se responsabilizará y justificará la correcta refrigeración del motor, aunque ello suponga una potencia nominal superior a la que se precisaría exclusivamente en función de las características de la máquina accionada, o la utilización de un sistema de refrigeración independiente, de manera que se asegure su correcta refrigeración a su régimen de mínima de velocidad.
- Todos los motores destinados a atmósferas explosivas deben cumplir con las directivas Atex, con las normas EN correspondiente a cada tipo de protección y con el reglamento de baja tensión.

Los motores a instalar en zonas clasificadas ATEX serán de los siguientes tipos:

- . Zona 1 (categoría 2): Ex de.
- . Zona 2 (categoría 3): Ex nA.
- . Zona 21 o zona 22 polvo conductivo (categoría 2) Ex tD 2D IP65.
- . Zona 22 polvo no conductivo (categoría 3): Ex tD 3D IP55.

Si el motor está provisto de resistencia calefactora anticondensación estará provisto de control de temperatura del interior de la carcasa del motor.

- La forma constructiva será, de forma general, la IM 1001 para todos los motores horizontales, y la IM 3011 para todos los motores verticales.
- A partir de potencias mayores o iguales a 75 kW llevarán retén laberíntico en el lado de acople para evitar entrada de agua por desgaste de las juntas.
- Los envolventes de todos los motores incorporarán uno o más ganchos de elevación, tornillo exterior de puesta a tierra, y agujeros de drenaje del agua de condensación.
- Para el arranque de los motores se aplicarán los siguientes métodos:
  - . No se utilizarán arrancadores estrella-triángulo, salvo excepciones previamente aceptadas.
  - . Para potencias inferiores a 7 KW se empleará el arranque directo. Para potencias iguales o superiores el arranque se realizará por medio de un arrancador estático, que deberá quedar by-pasado después de finalizado el período de arranque.
  - . Con independencia de la potencia del motor, cuando éste disponga de un variador de frecuencia para el control de su par o velocidad, el arranque del motor se realizará por medio del propio variador de frecuencia.

- Los motores de potencia igual o superior a 18,5 KW incorporarán resistencias de calefacción que se conectarán y desconectarán automáticamente al parar y arrancar el motor.
- Los motores a partir de una potencia de 18,5 KW inclusive y todos los motores con variador de frecuencia deberán incluir tres termistores PTC, uno por fase, conectados en serie y previstos para dar una alarma por alta temperatura en devanados a 125 °C (máx. temperatura permisible para la clase B de aislamiento).
- En los motores con potencia igual o superior a 75 KW se incluirán además de los termistores tres sondas PT-100, una por fase, para la medida en continuo de la temperatura de devanados.
- Los motores de potencia igual o superior a 250 kW deberán incorporar una sonda de temperatura tipo PT-100 a tres hilos en cada cojinete, para disponer en sala de control de la medida en continuo de su temperatura de metal, y generar además una alarma en caso de sobrecalentamiento.
- Los motores de potencia igual o superior a 55 kW dispondrán de boquillas SPM para facilitar la medida de vibraciones
- Las conexiones correspondientes a los dispositivos de control, detección o calefacción dispondrán de una caja de bornas diferente de la utilizada para los cables de alimentación al motor.
- En la construcción de los motores controlados por medio de un variador de frecuencia se tendrá en cuenta lo siguiente:
  - . Cuando el motor sea de una potencia igual o superior a 75 KW su envolvente deberá ser de fundición de hierro.
  - . En los motores con potencia superior a 110 KW se deberá aislar el cojinete situado en el lado opuesto al acoplamiento, para evitar posibles daños por corrientes parásitas.
  - . Estarán provistos de un aislamiento que permita picos de tensión entre fase y tierra medidos en los bornes del motor de cómo mínimo 1.300 V.
  - . El conjunto motor y variador de frecuencia deberán evaluarse como combinación para garantizar que el dimensionado sea correcto.
- El nivel de ruido de los motores no deberá superar los límites indicados en la norma UNE-EN 60034-9.
- Los motores se suministrarán con un tratamiento de pintura resistente a la corrosión, que deberá ser válido para su instalación a la intemperie y para sus condiciones específicas de explotación.

- Los motores se entregarán con la documentación correspondiente, incluidos los resultados de las pruebas de rutina o reducidas realizadas en los talleres del fabricante de acuerdo con lo indicado en la UNE 20.113.

#### **4.7. Variadores de frecuencia.**

- Los VF deberán ser unidades completas y operacionales capaces de convertir una alimentación de entrada trifásica, a 400 V y 50 Hz, en una alimentación de salida trifásica con una frecuencia y tensión variables, para el control de velocidad y/o de par de motores asíncronos, de inducción con rotor de jaula de ardilla.
- El rango de tensión de la conexión de red será entre 380 y 500 Vca.
- Frecuencia de alimentación de 50 Hz,  $\pm$  5%.
- Capacidad de trabajo a Tª ambiente máxima de 40 °C a 100 % de potencia nominal.
- Instalación de equipo a altura inferior a 1.000 m.
- Tarjetas de circuito impreso barnizadas conforme a IEC 60721-3-3 clase 3C3 para entornos industriales
- Circuitos de ventilación de potencia y control independientes.
- Paro de seguridad STO (Desconexión Segura de Par) cumpliendo con la norma UNE-EN ISO 13849-1 PLD y SIL2 de acuerdo con CEI 61508 / CEI 62016.
- Su intensidad nominal deberá ser igual o superior a la intensidad nominal del motor controlado.
- Par de arranque mínimo 135 % durante 0,5 segundos y 110 % durante un (1) minuto.
- Deberán estar diseñados para ser capaces de soportar, como mínimo, las siguientes sobrecargas:
  - . En aplicaciones de par constante o potencia constante: sobrecarga del 150 % durante un (1) minuto cada diez (10) minutos.
  - . En aplicaciones de par cuadrático: sobrecarga del 110 % durante (1) minuto cada diez (10) minutos.
- Los VF deberán ser capaces, funcionando dentro de sus características nominales, de mantener de forma continua un error en la regulación de velocidad por debajo del 1%, y la variación máxima de la señal de salida, para una señal de entrada constante, no excederá del 0,1% con el VF operando a carga constante y en lazo abierto.

- Los VF tendrán la posibilidad de poder realizar el arranque con el motor girando, permitiendo que el motor sea arrancado sin esperar a que deje de girar, y acelerándolo desde esa velocidad hasta la velocidad de referencia.
- Todo el equipo y sus componentes deberán ser inmunes a los microcortes que se pueden producir, tanto en su electrónica de control como en la continuidad del suministro de la potencia requerida por el motor controlado, a su plena carga, durante todo el tiempo de duración del microcorte.
- El ruido audible a plena carga no podrá exceder de 70 db(A) en aplicaciones de 200 kW o inferiores. Por encima de 200 kW el ruido audible a plena carga no será superior a 78 db(A). Si el VF se instala en un armario y requiere ventilación independiente, este límite incluirá el ruido producido por el ventilador adicional.
- Dispondrán de filtro EMC clase A1/C2 para potencias inferiores a 100 kW y clase A2/C3 para el resto de potencias, cumpliendo con las normativas de emisiones EN 61800-3, EN 61000-6-3/4, EN 55011, IEC 61800-3
- Filtro de armónicos en circuito DC
- Cumplirán con la normativa de inmunidad EMC: EN 61800-3, EN 61000-6-1/2, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6
- De forma general, para potencias mayores a 55 kW los VF serán del tipo de muy bajos armónicos para obtener una tasa de armónicos totales (THDI) de un valor menor o igual al 5%. Estos requerimientos podrán modificarse según el proyecto.
- Los variadores de frecuencia se deberán suministrar con los filtros o dispositivos adecuados para limitar los armónicos de tensión en la red de alimentación a los valores máximos permitidos según la EN 61000-3-2, tabla 1, e incorporarán además inductancias de línea, filtros de salida e inductancias de motor cuando sean necesarias.
- Deberán cumplir con la Reglamentación española, y con las directivas de la UE sobre baja tensión y sobre EMC. Dispondrán de la marca CE, y el fabricante del equipo deberá proporcionar una Declaración de Conformidad con los requerimientos de las directivas sobre EMC.
- Para potencias menores a 100 kW, los variadores de frecuencia estarán diseñados para montaje en pared, y para potencias mayores serán autoportantes o estarán integrados en cuadros eléctricos del propio fabricante del variador de frecuencia.

Dadas las restricciones de espacio en las salas eléctricas, los variadores de frecuencia autoportantes, o integrados en cuadro eléctricos del propio fabricante del variador de frecuencia, deberán ser del tipo más compacto posible.

De forma general, los variadores de frecuencia para montaje en pared de potencias inferiores a 55 kW se instalarán en placas de montaje en el interior de cuadros de CCM y el resto hasta 100 kW se instalarán en las paredes de las salas eléctricas. Estos requerimientos podrán modificarse según el proyecto.

Los cuadros de CCM donde se instalen serán según requerimientos del proyecto e incorporarán en el frontal el panel de control (display) del variador de frecuencia. El conjunto del cuadro de CCM y variador de frecuencia cumplirá con las prescripciones de las Directivas EMC sobre Compatibilidad Electromagnética.

Para potencias inferiores a 100 kW las protecciones y circuitos de maniobra se instalarán en el interior de los cuadros de CCM.

- Los equipos de más de 100 kW dispondrán en el propio equipo de seccionador de entrada con fusibles ultrarrápidos de protección, e incorporarán las maniobras en el propio equipo.
- El índice de protección será IP-21 para variadores de frecuencia a instalar en el interior de cuadros de CCM, e IP-54 para variadores de frecuencia a instalar en las paredes de las salas eléctricas, variadores de frecuencia autoportantes y para los cuadros del propio fabricante del variador de frecuencia.
- Los posibles módulos externos (filtros, resistencias, etc.) a instalar en la sala eléctrica tendrán un grado de protección IP-54.
- Los variadores de frecuencia autoportantes y los cuadros del propio fabricante del variador de frecuencia dispondrán de zócalo de montaje.
- La alimentación del circuito de control será independiente del circuito de potencia, de forma que ante un disparo del equipo sea posible visualizar el defecto y acceder a los registros de eventos del variador.
- Los variadores de frecuencia autoportantes y los cuadros de variadores de frecuencia recibirán una alimentación externa a 230 Vca para alimentación del circuito de control, y se dispondrán, en caso de requerirse, de fuentes de alimentación o convertidores para adaptar la tensión a la tensión requerida por el módulo de control del variador. Se instalarán interruptores automáticos de protección del circuito de control.
- Los variadores de frecuencia autoportantes y los cuadros de variadores de frecuencia, recibirán una alimentación externa a 230 Vca para alimentar las resistencias de calefacción de los motores asociados. Se instalarán interruptores automáticos de protección del circuito de resistencias de calefacción de motores.
- Estarán provistos de módulo de comunicación con el sistema de control de planta. Durante el proyecto se decidirá el tipo de protocolo de comunicación.
- Los variadores de frecuencia para alimentar motores ubicados en atmósferas potencialmente explosivas se instalarán siempre en una "zona segura". Se podrán elegir combinaciones

motor/variador de frecuencia testeadas y certificadas específicamente para funcionamiento seguro en entornos explosivos según normas IECEx y ATEX, o bien estarán provistos de un módulo de protección de termistor con certificación ATEX que activará la función Safe Torque Off (STO) con certificación SIL/PL del variador de frecuencia.

– Los variadores de frecuencia serán convertidores c.a./c.a. de tipo indirecto con los siguientes módulos o etapas de potencia:

. Módulo de entrada.

Incluirá las protecciones de entrada, filtros RFI y filtros e inductancias de línea, según se requieran.

. Módulo rectificador.

Estará basado en un sistema de rectificación mínimo de 6 pulsos con diodos, o bien por medio de tiristores o IGBTs en aplicaciones de frenado regenerativo del motor con recuperación de energía a la red.

. Módulo intermedio de c.c.

Será de tensión constante, y contendrá los filtros para el alisado de la tensión en c.c. Podrá incluir además filtros para limitación de armónicos, y chopper con resistencia en aplicaciones de frenado del motor sin recuperación de energía.

. Módulo ondulator.

Será del tipo PWM (modulación por ancho de pulsos) de codificación senoidal o asíncrona, mediante transistores IGBT con frecuencias de conmutación superiores a 2 kHz, y sistemas de mando basados en el control directo del par o en el control vectorial del flujo magnético del motor según los requerimientos de la aplicación.

Deberá ser siempre posible por medio del panel de mando del variador modificar el ajuste de la frecuencia de conmutación para corregir fenómenos de resonancia, ruidos o calentamientos en el motor.

. Módulo de salida.

Incluirá filtros du/dt o filtros senoidales de salida y las inductancias de motor, cuando se requieran.

– Los variadores incorporarán, como mínimo, las siguientes protecciones y alarmas:

. En su acometida de alimentación: Sobrecargas y cortocircuitos, sobretensión y subtensión, pérdida de fase, defectos a tierra y secuencia de fases incorrecta.



- . En la electrónica del propio variador: Mínima tensión de control, fallo de la ventilación y sobretensión en el variador.
- . En la salida para alimentación al motor: Sobrecargas y cortocircuitos, defectos a tierra, sobretensión, sobrevelocidad, rotor bloqueado y sobretensión en el motor.
- Los variadores dispondrán de funciones adicionales de control para el refuerzo automático del par, limitación de la intensidad, control del deslizamiento del motor, arranque con el motor girando, y parada en rueda libre.
- Incorporarán un módulo para el control, supervisión y diagnósticos del variador, con posibilidad de ajuste local (mediante display) y remoto (desde un PLC externo) de la velocidad de referencia y de los parámetros de funcionamiento (curvas tensión / frecuencia, rampas de aceleración y deceleración, límites máx/min de frecuencia e intensidad, modos de operación con par cuadrático / par constante / potencia constante, etc.).
- Dispondrán de un panel de mando con display, montado en el propio variador o en el frontal de su armario, desde el que deberá ser posible:
  - . Arrancar y parar el variador / motor.
  - . Entrar puntos de consigna y parámetros de funcionamiento.
  - . Seleccionar modos de operación y mando local / remoto del variador.
  - . Parametrizar las entradas y salidas.
  - . Visualizar todos los puntos de consigna, parámetros de funcionamiento, estados, alarmas, y las medidas de velocidad real, tensión, e intensidad y potencia absorbidas por el motor.
  - . Visualizar los diagnósticos del variador.
- Los variadores incluirán las E/S necesarias para su comunicación mediante cableado convencional con el PLC o la unidad de control del cual dependan, y además podrán incorporar las interfaces para su comunicación vía serie en caso de requerirse. Estarán provistos de conector USB exterior accesible con el equipo de servicio.

## **4.8. Cableado.**

### **4.8.1. Cables de baja tensión.**

Los cables cumplirán con el Reglamento Delegado 2016/364, que establece las clases posibles de reacción al fuego de los cables eléctricos y estarán de acuerdo con la norma UNE-EN 50575 Cables de energía, control y comunicación. Cables para aplicaciones generales en construcción sujetos a requisitos de reacción al fuego.

Todos los cables eléctricos llevarán marcado CE.

Las prestaciones mínimas frente al fuego en la Unión Europea serán:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6

Para realizar el cableado de BT de los equipos eléctricos se utilizarán los tipos de cables siguientes:

- Para cableado de alimentación de potencia de armarios eléctricos, motores, servicios de climatización y ventilación, otros circuitos de proceso alimentados a 230 Vca, así como otros equipos de servicios auxiliares que aunque no sean de proceso y el recorrido se realice total o parcialmente al aire sobre bandejas o tubo enterrado: Cable de cobre tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.
- Para cableados de alimentaciones de equipos relacionados con el sistema contra incendios (cuadro eléctrico, bombas, ventiladores de extracción de humos, detectores, centralita, etc), que deben seguir prestando servicio en condiciones extremas durante un incendio, los cables que se utilizarán serán cables resistentes al fuego (AS+): Cable de cobre tipo SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV, RZ1-K (AS+) 0,6/1 kV. SQZ1-K (AS+) 300/500 V en cables de señales.
- Para cableado de alimentación a variadores de frecuencia y de motores con arranque por variador de frecuencia, y para acometidas a variadores de frecuencia no instalados en cuadros de CCM, se utilizarán cables de tres conductores simétricos con un conductor PE (de protección a tierra) concéntrico o un cable de cuatro conductores con blindaje concéntrico. Estarán apantallados mediante una pantalla/armadura formada por una capa concéntrica de cables de cobre con una hélice abierta de cinta de cobre. Designación genérica: RZ1KZ1-K (AS) 0,6/1 kV, ROZ1-K (AS) 0,6/1 kV, RZ1C3Z1 (AS) 0,6/1 kV
- Para cableado de conexión de botoneras: Multiconductores de cobre flexible clase 5, con aislamiento y cubierta libre de halógenos, con pantalla de cinta de poliéster y trenza de cobre pulido. Designación genérica RC4Z1-K (AS) 500 V para alimentaciones a 24 Vcc y RC4Z1-K (AS) 0,6/1 kV para alimentaciones a 230 Vca. Sección mínima 1 mm<sup>2</sup>.
- Para cableado de conexión de electroválvulas y cajas de interconexión: Pares o multipares de cobre flexible clase 5, con aislamiento y cubierta libre de halógenos, con pantalla de cinta de poliéster y trenza de cobre pulido. Designación genérica RC4Z1-K (AS) 500 V para alimentaciones a 24 Vcc ( $P \leq 30$  W) y RC4Z1-K (AS) 0,6/1 kV para alimentaciones a 230 Vca ( $P < 30$  W). Sección mínima 1,5 mm<sup>2</sup>.
- Para cableado de conexión de instrumentos: Cables de cobre flexible clase 5, con aislamiento y cubierta libre de halógenos, con pantalla de cinta de poliéster y trenza de cobre pulido. Designación genérica RC4Z1 (AS) 500 V. Pares o ternas de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección entre instrumentos y cajas locales de agrupación de señales. Multipares de 0,75 mm<sup>2</sup> de sección entre cajas de agrupación y sistema de control.

- Para cableado de servicios de alumbrado y tomas de corriente de edificios en los que el recorrido se realice bajo tubo instalado al aire o empotrado: Cable de cobre tipo H07Z1-K 450/750 V. En exteriores se utilizarán cables RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.
- Para el cableado en zonas clasificadas para atmósferas explosivas, los cables de alimentación de potencia, de maniobra, e instrumentación y control serán armados mediante una corona de hilos de acero galvanizado.
- Para el cableado en zonas de alta temperatura: cables con aislamiento y cubierta de caucho de silicona.
- Para el cableado de comunicaciones con fibra óptica: cable de fibra óptica multimodo, tipo CDAD, protegido contra roedores con recubrimiento de polietileno y banda de acero corrugado, solapada formando un tubo. Las fibras serán 62,5/125  $\mu\text{m}$  de diámetro. Número de fibras a determinar en proyecto.
- Para el cableado de comunicaciones con par trenzado: cable Ethernet tipo FTP (cable apantallado) mínimo Cat 6 de 4 pares. La certificación de los cables será para mínimo Cat 6.

**a) Secciones admisibles para cables de Baja Tensión.**

- Secciones mínimas:
  - . En cables de potencia (por resistencia mecánica)..... 2,5 mm<sup>2</sup>
  - . En cables de servicios auxiliares ..... 1,5 mm<sup>2</sup>
- Secciones máximas:
  - . Para cables multipolares ..... 95 mm<sup>2</sup>
  - . Para cables unipolares ..... 240 mm<sup>2</sup>

**b) Dimensionado.**

Para el dimensionado se tendrán en cuenta las Instrucciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y se considerarán:

- Caídas de tensión:
  - . Línea principal entre transformadores y cuadros de distribución de B.T. ....0,5 %
  - . Líneas secundarias entre cuadros de distribución de B.T. y subcuadros .....3 %
  - . Líneas entre subcuadros (armarios de fuerza y alumbrado) y luminarias ..... 1 %
  - . Líneas entre subcuadros (armarios de CCM) y motores..... 3 %

Estos porcentajes podrán variarse de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación (transformadores de distribución) y cualquier punto de utilización, sean menor del 4,5 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 6,5 % para los demás usos.

– Intensidad:

- . En motores (ITC-BT-47) ..... 1,25 x In
- . En alumbrado con lámparas de descarga (ITC-BT-44)..... 1,80 x In
- . En generadores de BT (ITC-BT-40) ..... 1,25 x In
- . En equipos de compensación de energía reactiva (ITC-BT-048) ..... 1,50 x In
- . En la conexión entre interruptor principal y el cuadro de arranque de las bombas contra incendios (UNE-EN 12485)..... 1,50 x In

Para instalaciones de seguridad intrínseca, las intensidades admisibles en los conductores deberán disminuirse en un 15% respecto al valor correspondiente a una instalación convencional (ITC-BT-29)

- Tensión ..... 400 Vca o 230 Vca
- Factor de potencia ..... el correspondiente al consumidor
- Factor de corrección de la intensidad admisible.....según REBT y UNE-HD 60364-5-52

Notas:

Para determinar las intensidades máximas admisibles en los cables y los sistemas de instalación se utilizarán las tablas de la UNE-HD 60364-5-52.

Para determinar la conductividad del conductor se utilizará la temperatura real del conductor a la intensidad prevista en régimen permanente.

## 4.9. Conducciones eléctricas.

### 4.9.1. Bandejas.

De forma general las bandejas serán abiertas de rejilla de acero galvanizado en caliente, según EN ISO 1461-99 con un espesor medio de la capa protectora de 70 micras.

Para instalaciones en locales húmedos y mojados se seguirán las indicaciones del REBT, prefiriéndose bandejas de PVC.

Los soportes, tornillería, uniones y accesorios serán también de acero galvanizado en caliente.

Los bordes serán de seguridad con los extremos de las varillas transversales redondeados. El diámetro de las varillas será de 5 mm.

Las bandejas y sus apoyos se dimensionarán además de para el peso propio y el de los cables para una carga adicional de 90 kg concentrada en cualquier punto sin que exista deformación residual. El factor de seguridad será de 2. La separación máxima de los apoyos no será superior a 1,5 mts.

Los cambios de dirección de las bandejas se realizarán mediante curvas. No se admiten cambios a 90°.

Se instalarán un máximo de 2 capas de cables por bandeja, dejando un espacio de reserva no inferior al 30 %.

Se utilizarán conducciones separadas para los circuitos de potencia, para los circuitos de maniobra y para los circuitos de instrumentación. Los circuitos auxiliares podrán discurrir por las mismas conducciones que los circuitos de potencia.

En las bandejas de potencia se separarán los circuitos de 400 Vca de los circuitos de 230 Vca.

La separación mínima entre bandejas de BT y resto (a excepción de MT) será de 300 mm. La separación entre bandejas de MT y de BT será de 600 mm y entre bandejas de MT y bandejas de instrumentación de 800 mm. No se admitirán bandejas apoyadas directamente en el pavimento.

#### 4.9.2. Tubos conduit.

Para cableados de circuitos de potencia, maniobra, instrumentación e instalaciones de seguridad (p.e. conrainscendios) los tubos serán metálicos del tipo DIN 2440 de pared gruesa, galvanizados en caliente con extremos roscados.

Para cableados de circuitos auxiliares (alumbrado, etc.) los tubos serán metálicos del tipo Métrica, con extremos roscados, con galvanizado electrolítico exterior y pintura anticorrosiva interior.

La sujeción de los tubos se realizará mediante abrazaderas metálicas galvanizadas en caliente fijadas por tornillos.

Para la sujeción de las abrazaderas de los tubos en estructuras metálicas podrán utilizarse grapas rígidas de acero galvanizado en caliente y no se admitirán las fijaciones rápidas tipo clip de acero elástico. Durante el proyecto se propondrán los tipos a utilizar.

Los cortes realizados en los tubos metálicos se pintarán con pintura antioxidante y los extremos se protegerán con casquillos de goma.

Las curvas serán abiertas sin protección y el tramo de cableado entre tubo y consumidor se realizará dejando una vuelta de cable visto ("coca"). No se admitirán tubos apoyados directamente en el pavimento.

Para el dimensionado de los tubos se tendrá en cuenta el grado de ocupación indicado en la ITC - BT-21, manteniéndose las medidas mínimas indicadas en el apdo. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

### 4.9.3. Prensaestopas.

Los prensaestopas para paso de cables serán metálicos (latón Cu Zn40 Pb3 niquelado) dimensionados según características del cable. Proporcionarán un grado de protección mínimo IP54 o el correspondiente al elemento donde se instalen.

Para cables armados se utilizarán prensaestopas específicos para el tipo de cable.

## 4.10. Red de tierras.

El sistema de tierras se estructurará, como mínimo, como sigue:

– Red general de tierras:

Con cable de Cu desnudo de 70 mm<sup>2</sup>, formando una malla siguiendo las líneas de pilares, cerrada perimetralmente por el exterior de los edificios. A esta red general se conectarán todos los pilares de hormigón o metálicos de los distintos edificios y las fundaciones de los mismos (un hierro de la armadura del pilar si es de hormigón y la armadura de cimentación) por pilar, los mallazos de los pavimentos, las estructuras metálicas secundarias, las conducciones metálicas y las masas de los receptores de baja tensión.

– Red de puesta a tierra de los neutros de los transformadores (tierra de servicio):

Se instalará un electrodo singular de resistencia no superior a 2,5 Ohm, para la puesta a tierra de los neutros de los transformadores.

– Red de puesta a tierra de herrajes de media tensión (tierra de protección):

Se instalará un electrodo singular de resistencia no superior a 5 Ohm, para la puesta a tierra de los herrajes de los distintos grupos de transformadores y celdas de media tensión.

– Red de puesta a tierra de pararrayos:

En caso de que sea necesaria su instalación, se instalará un electrodo singular de resistencia no superior a 5 Ohm para su puesta a tierra.

De los electrodos singulares de las distintas redes especiales partirá una línea de enlace con la red general de tierras hasta un punto de puesta a tierra, ésta estará dotada de puente seccionador para comprobación y medida de la resistencia de puesta a tierra.

Cada punto de puesta a tierra se conectará a una pletina de cobre desde la que partirán los cables de puesta a tierra de herrajes, neutros, según corresponda.

## 5. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

### 5.1. Instrumentación.

Los instrumentos transmisores de señales de proceso y señales digitales de información y transmisión de órdenes, estarán en concordancia y compatibilidad con el sistema de control a emplear.

En el diseño de los instrumentos en tendrá en cuenta todas las posibles situaciones de operación y se evitará que estos equipos puedan ser dañados en condiciones de operaciones extremas o de emergencia.

Los instrumentos de medida (transmisores) se instalarán normalmente mediante tomas de proceso con válvulas de bloqueo que permitan aislar los elementos del proceso mencionado para su calibración, reparación y/o sustitución. Para los elementos de tomas de temperatura se dispondrán los termopozos adecuados que permitan la sustitución del elemento sensor en operación. Los materiales de las tomas de proceso corresponderán a las mismas especificaciones que los equipos y/o tuberías en las cuáles se encuentren instaladas y formen parte de aquellos.

Las líneas de proceso, desde la toma de proceso hasta los instrumentos se diseñarán para resistir las condiciones de proceso, tanto en presión, temperatura o resistencia a los fluidos. Estas líneas de proceso se realizarán preferiblemente en tubing de acero inoxidable.

Las señales de salida de los instrumentos serán eléctricas 4-20mA para a las analógicas, aceptando la salida de 0-10 voltios, en casos específicos. Las señales digitales todo-nada serán 0-24 V.c.c.

En caso de elementos de detención tipo capacidad o inductivo, se aceptará otro tipo de señal de salida analógica o digital, siempre que sean compatibles con los equipos de control distribuido utilizados. Así mismo, se tendrá en cuenta las señales débiles procedentes de termorresistencias o termopares.

- Transmisores de presión absoluta/presión diferencial.

Siempre que sea posible, se utilizarán transmisores de tipo "inteligente", que permitan su calibración sin necesidad de desmontar éstos del campo.

Cuando, según las diferentes condiciones de operación, p.e.: arrancadas, paradas, cargas reducidas, se requiera del transmisor de presión diferencial un rango de operación superior al de 1:5, se dispondrá de dos o más equipos diferentes para la presión diferencial de bajo rango y alto rango.

- Medida de Caudal.

Para la medida de caudal se utilizarán, siempre que sea factible, los elementos deprimógenos, como placas de orificio, "venturi" o toberas asociadas a un transmisor de presión diferencial. Para el cálculo de su factor se seguirá la norma ISO 5167, última revisión, "Measurement of

fluid flow by means of orifice plates, nozzles and venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full”.

Cuando se encuentren instalados sobre un mismo elemento primario, p.e.: placa de orificio, por razones de amplio rango, si se encuentran dos o más transmisores de presión diferencial, se calcularán los factores de placa para cada rango de medida.

– Válvulas de Control.

Cuando por las condiciones extremas de proceso, P.e.: presión diferencial, fluidos corrosivos, “cavitación”, se espere un desgaste rápido de los asientos y/o obturadores de las válvulas de control, se instalarán dos equipos iguales en paralelo, dotados con válvulas de bloqueo de aguas arriba y aguas abajo, con selección de actuación de señal de control desde panel.

Cuando, según las diferentes condiciones de operación, P.e.: arrancadas, paradas, cargas reducidas, se requiera de la válvula de control un rango superior a 1:5, se dispondrá de dos líneas diferentes de válvulas de control en paralelo.

Cuando no se utilicen válvulas de control con “by-pas”, se habrá de disponer de éstas con sistema de volante y/o mando manual, que permita la operación de ésta a falta del sistema de control o “servo” de la misma.

En principio, se utilizarán válvulas de control, tal como se ha indicado, pilotadas por aire de instrumentos.

Preferiblemente, se utilizarán en válvulas de control, la curva de actuación (lineal, isoporcentual, etc) de las cuales, se pueda modificar y/o ajustar, sin modificación del tipo de geometría de asientos y/o obturadores, mediante la modificación de la respuesta del posicionador o levas del sistema de actuador.

En este caso, se podrá considerar el uso de funciones de control a nivel del sistema ICS/DCS, con capacidad de modular la respuesta de salida para ajustar el tipo de curva de respuesta de la válvula de control a las necesidades de control del proceso.

– Instrumentos de Nivel.

Los instrumentos de nivel se montaran siempre en los equipos y nunca en las tuberías. Cuando estos equipos sean con detectores internos, se instalarán mediante bridas a la cabecera o lados de los equipos.

– Indicadores de Nivel.

Los indicadores de nivel de tipo de flotador interno se colocarán mediante una conexión bridada, preferiblemente, a la cabecera del equipo.

Las dimensiones de ésta dependerán de las dimensiones del flotador. Cuando éstas sean de tipo mirilla externa, se montarán con tomas embridadas de DN, mínimo de 25 y PN- 10.



– Interruptores de Nivel.

Los interruptores de nivel con flotador interno se montarán lateralmente a la elevación donde la acción de corte se requiera. La conexión será bridada y el diámetro de ésta dependerá de las dimensiones del flotador.

– Indicadores de nivel de cámara con desplazador.

Los equipos se instalarán al lateral del equipo, mediante conexiones bridadas y válvulas de bloqueo de acuerdo con las condiciones de diseño del equipo.

A nivel normal de operación se situará a la mitad de la distancia de sus conexiones al equipo. La cámara en la cual esté situado el desplazador, dispondrá de espacio y conexión bridada adecuada para poder desmontar el desplazador sin necesidad de retirar la cámara.

– Transmisores de Nivel.

Los equipos transmisores llevarán asociados sus propios equipos de generación de señales, que serán de tipo analógico/electrónico, con salida 4-20 mA, o de tipo digital, todo – nada, con salidas a 24v.c.c.

Otros tipos de elementos de medida de Nivel.

Siempre que las condiciones de proceso lo requiera, por las características de ésta, P.e.: suciedad, viscosidad, etc, se podrán instalar sistemas de medida de nivel, como:

- . Presión diferencial con o sin burbujeo.
- . Transmisores capacitativos.
- . Ultrasonidos.
- . Rayos X.
- . Temperatura.

Cualquiera que sea el elemento ó sensor de temperatura utilizado, éste no estará en contacto con el fluido o medio a medir, sino a través de un termopozo ("termowell") estanco, y sumergido en el medio a medir y sujeto a la tubería y/o equipo mediante una brida de DN mínimo de 25 PN mínimo de 10.

Se utilizarán instrumentos de transmisión electrónicos con salida 4-20 mA, o elementos sensores tipo termorresistencias PT-100, termopares tipo K. Estos sensores alimentarán las tarjetas de entrada de señales débiles, de manera que estarán dotadas de los equipos ICS/DCS, directamente, o a través de convertidores V/I con salida 4-20 mA.

– Instrumentos asociados a funciones de alarmas.

Se podrán utilizar los mismos instrumentos y/o transmisores asociados a las funciones de monitorización (indicación, registro y control) para las funciones de alarmas, mediante las conexiones a los sistemas de generación de alarmas. Preferiblemente, por esto, se usarán sistemas que permitan su regulación, calibrado y comprobación en marcha.

– Instrumentos asociados a funciones de parada.

Los elementos asociados a funciones de parada habrán de cumplir los requisitos siguientes:

En las unidades de proceso consideradas como críticas, no se usarán instrumentos asociados a paradas de acción directa, es decir: Presostatos, termostatos, interruptores de caudal, exceptuándose los Levostatos más arriba indicados. Se habrán de usar transmisores ajustables asociados a sistemas de parada/alarmas que permitan su reglaje, calibrado y comprobación en operación.

Se acentúan de esta regla los sistemas de tipo unidades paquete (unidades de aire de instrumentos, etc) o sistemas auxiliares de equipos principales (centrales hidráulicas de accionamiento y control, bombas de circulación de aceite). Debido a esto, los instrumentos de actuación directa tendrán que disponer de dos contactos libres de tensión para poder integrar su actuación con los sistemas integrados de alarmas y paradas de la planta, directamente desde su instrumento o desde su sistema DCS de control.

En aquellas variables de proceso "críticas" que se determinen al análisis de riesgo, se dispondrán de elementos de transmisión de las variables de parada, independientemente de las de monitorización.

– Instrumentos de análisis asociados a paradas/alarmas y monitorización externa.

Aquellos sistemas de analítica asociados a los sistemas de monitorización y transmisión externa de datos que indiquen la detección de fugas o gases peligrosos que intervengan en el impacto ambiental serán independientes de los utilizados para la operación y control de la planta. Se encontrarán instalados en sitio diferente y de acceso controlado y limitado.

También se incluirán los parámetros que han de ser controlados para evitar situaciones de riesgo de deflagración interna o incendio.

Aquellos parámetros de concentraciones, que determinen la parada de emergencia de la planta, estarán duplicados o triplicados, en función de su criticidad. En el primer caso, el sistema funcionará sobre el concepto de 1 de 2 (un sistema actúa y para con independencia del valor medido por segundo). En el segundo caso, el sistema funcionará sobre el principio de dos de tres (dos equipos se requieren que determinen las condiciones de parada para realizar la parada).

– Comprobación en marcha de instrumentos de parada y/o alarma.

Aquellos instrumentos que estén asociados a puntos de alarma y parada estarán provistos de los dispositivos que permitan calibrar, comprobar y ajustar su actuación. Por esto, se

dispondrá de los "overrides" de mantenimiento que aíslen su señal de medida de los sistemas de parada y los permitan pasar por alto. La actuación de éstos estará autorizada por la dirección de la planta y será realizada, exclusivamente, por personal específicamente dedicado a estas comprobaciones.

– Soportes.

Los soportes de bandejas, cajas de conexión, paneles locales e instrumentos se fabricarán en obra durante el montaje, atendiendo a la máxima simplicidad, rigidez y aprovechamiento del espacio.

Los soportes para los instrumentos montados en campo serán generalmente hechos de tubería de 2" de acero al carbono AC.

Se emplearán medios de fijación como SPIT-ROCK, taladro de estructuras, soldaduras, etc. En ningún caso se fijarán los soportes a las tuberías del proceso.

Todos los soportes se deberán pintar con pintura antióxido antes de ser instalados. Los soportes fabricados con tubo se protegerán adecuadamente para evitar que penetre la lluvia o pueda condensar humedad en su interior.

Cuando se precise la ejecución de las bases de hormigón para fijación de soportes, paneles u otros, el Contratista deberá requerirlo poniéndolo en conocimiento de la Dirección de Construcción, con tiempo suficiente para no provocar retrasos en la buena marcha de los trabajos.

– Bandejas de cables y tubos.

La instalación de bandejas será estudiada por el Contratista para asegurar:

- . Una sólida suportación de las bandejas.
- . Que no se sobrepasen los radios de curvatura mínimos especificados por el fabricante de los cables y tubos.
- . Buen acceso a los cables para su identificación y eventual cambio.
- . Separación entre cables correspondientes a distintas tensiones, que discurran por una misma bandeja.
- . Separación entre cables y tubos en los casos en los que el tendido se realice en una misma bandeja.
- . Recorrido ordenado de cables y buena sujeción de los mismos.
- . Una reserva mínima del 30%.

Si para conseguir los objetivos anteriores es preciso modificar las dimensiones y/o recorrido respecto a los planos, se hará de acuerdo con el Representante del Propietario.

En el ordenador se dispondrá el tiempo de funcionamiento de cada máquina y la indicación totalización y registro de todas las magnitudes transmitidas analógicamente.

## 5.2. Cuadros de control.

Los cuadros de control serán los cuadros que incorporan los PLC's de control de las instalaciones de la planta, tanto del sistema de control central como de las unidades paquete de suministros que incorporen sistema de control propio, y estarán situados en salas eléctricas acondicionadas.

### 5.2.1. Características constructivas

Los cuadros serán metálicos, construido por módulos verticales que formarán un conjunto único y rígido de frente común, con puertas frontales transparentes y cerraduras de doble paletón. Se diseñarán con un 20% de espacio de reserva para futuras ampliaciones.

Se dimensionarán mediante columnas de 800x x 500 x 2000 mm (ancho x fondo x alto). Las columnas estarán provistas de un zócalo de 200 mm adicional. El color será el RAL 7032.

El paso de cables para entradas y salidas será por la parte inferior del cuadro, que se sellará una vez finalizada la instalación del cableado.

Grado de protección IP según su ubicación:

- En salas eléctricas ventiladas o con aire acondicionado ..... IP-32.

Las partes activas interiores estarán protegidas con el grado de protección IPxxB

### 5.2.2. Distribución interior

Los componentes a instalar en cada cuadro se distribuirán de manera general de la siguiente manera:

- Columnas a la izquierda: En la parte Superior se instalará CPU, F.A. redundantes, periferia descentralizada y equipos de comunicación necesarios. En la parte inferior se instalarán relés de maniobra auxiliar, convertidores auxiliares y resto de elementos auxiliares con baja disipación térmica.
- Columnas a la derecha: En la parte superior se instalarán las fuentes de alimentación auxiliares, los magnetotérmicos de alimentación de tensión segura y de 24Vcc que sean precisos. El resto de cuadro se utilizará para instalar, de manera vertical, todos los borneros de campo agrupados por tipo y separando de manera clara los diferentes niveles de tensión.

### 5.2.3. Accesorios

Estarán provistos de iluminación tipo LED accionada por finales de carrera y toma de corriente interior, y si se requiere de calefacción con termostato y ventilación con filtros. Dispondrán de una bandeja portaplanos y un juego de esquemas eléctricos en su última versión.

### 5.2.4. Identificación de cuadros y de aparellaje

En la zona superior del cuadro se instalará una placa de plástico laminado negro, con letras grabadas en blanco con el tag y la descripción del cuadro, y dispondrán de una placa marcada de forma duradera y dispuesta en un lugar visible y legible con la información requerida para conjuntos eléctricos en la norma UNE-EN 61439.

En el interior, todo el aparellaje, cableado y regleteros, estarán identificado según los esquemas eléctricos, además los interruptores de protección dispondrán de una placa con la descripción del servicio que alimenta.

En la identificación de regleteros de entradas y salidas se utilizarán los sufijos DI, DO, AI, AO según corresponda.

Los esquemas eléctricos y de control se realizarán conforme las normas UNE-EN 61082 y UNE 200002.

### 5.2.5. Puesta a tierra

Los armarios dispondrán de los siguientes puntos de puesta a tierra

- Una puesta a tierra para realizar la conexión de todas las partes metálicas formada por una pletina de cobre electrolítico. La barra dispondrá de perforaciones para realizar las diferentes conexiones. Las puertas se conectarán al armario mediante cables de cobre tipo trenza flexible de sección no inferior a 6 mm<sup>2</sup>.
- Una puesta a tierra para realizar la conexión de las pantallas de los cables de instrumentación formada por una pletina colectora de cobre electrolítico. Para la conexión a tierra de las pantallas de los cables de instrumentación se utilizarán bornes especiales o abrazaderas especiales para conexión de pantallas.
- En caso de requerirse se realizará también una puesta a tierra para disponer de un punto de referencia común para los circuitos de corriente continua.

Todos los puntos de puesta estarán unidos entre sí mediante elementos de conexión y seccionamiento. En caso de requerirse será posible separarlos fácilmente.

Estos puntos de puesta a tierra se situarán en el cuadro en una posición que faciliten la conexión de los conductores de puesta a tierra de los diferentes circuitos y equipos, y se identificarán de una forma clara e inequívoca.

## 5.2.6. Cableado y conducciones

El cableado se realizará mediante cable de Cu, flexible clase 5, libre de halógenos, con los niveles de aislamiento siguientes:

- Para cableado auxiliar de mando, señalización y control ..... 750 V
- Para cableado de potencia .....0,6/1 kV

Las secciones mínimas para circuitos auxiliares serán de 1,5 mm<sup>2</sup>:

Las secciones para cableado de señales se definirán durante el proyecto.

Los cables se identificarán con un número según los esquemas eléctricos, mediante señalizadores tipo UNEX o similar, y en los extremos de los cables se engastarán terminales preaislados para realizar su conexión.

Los extremos de las cubiertas de los cables quedarán rematados con un manguito termorretráctil.

Los cables se guiarán en canales plásticas con comportamiento frente al fuego clase M1, dimensionadas con un 25% de espacio de reserva. Se preverán canalizaciones separadas para circuitos de potencia y para circuitos de maniobra y señales.

Las bornas para señales de entradas y salidas serán seccionables.

Se pondrá especial atención en el dimensionado de las canales por donde discurran los cables que entran y salen del armario, que deben tener un 25 % de espacio de reserva sobre el total del cableado esperado para la capacidad de E/S instaladas.

En la entrada del cuadro se dispondrá de un perfil horizontal para sujetar y "peinar" las mangueras con bridas o abrazaderas.

Las diferentes conexiones entre módulos o tarjetas de E/S, relés y bornas de E/S se realizarán siempre que sea posible mediante cables con conectores enchufables precableados.

## 5.2.7. Bornas y señales

Todas las bornas de conexionado serán de poliamida o Wemid, del tipo conexión por tornillo, universal y sin mantenimiento Phoenix Contact UT o similar. Dispondrán de conexiones

transversales insertables para realizar puentes entre bornas. En ningún caso se utilizarán bornas de varios pisos.

Las bornas para señales de entradas y salidas analógicas y entradas digitales del armario de control serán bornas de fusible con palanca y LED 24VDC Phoenix Contact modelo UT 4-HESILED 24 o similar.

Para las salidas digitales se usarán módulos de relés ultracompactos PLC-Interface de Phoenix Contact modelo PLC-OPT-24DC o similar, con relés de estado sólido siempre que sea posible por consumos.

En el caso de usarse relés auxiliares estos serán relés miniatura de las series C7 y C9 de RELECO o similar.

Todos los contactos auxiliares se cablearán hasta las regletas de bornas terminales sean o no utilizados.

Todos los interruptores automáticos estarán provistos de contactos auxiliares de estado, que se cablearán hasta bornas terminales. Los contactos auxiliares se seriarán para comunicar señales de alarma al sistema de control

Nunca se llevarán más de 2 hilos a un mismo lado de una borna, si esto fuera necesario se dispondrán bornas puenteables. Los 2 hilos se engastarán en el mismo terminal.

Las bornas correspondientes a las entradas de campo estarán previstas para conectar señales procedentes de elementos con conexión a 3 hilos, como las procedentes de detectores de giro o detectores de posición, con el correspondiente cableado para la alimentación a campo.

Se instalarán todas las bornas correspondientes a las reservas disponibles en las tarjetas de E/S, y además en los carriles de soporte de bornas se dispondrá de un 15% de espacio adicional de reserva para posibles ampliaciones.

Las regletas de bornes de entrada y salida para conexión de las señales se instalarán en una columna dedicada. Debido a restricciones de espacio en las salas eléctricas, se habrá de optimizar la disposición de borneros y cableado para minimizar el número de columnas de los cuadros

### 5.2.8. Relés multiplicadores y de seguridad

Cuando haya señales procedentes de instrumentos de campo que requieran hacer un enclavamiento directo al circuito de maniobra de los arrancadores e informar al sistema de control, estas señales se cablearán a unos relés multiplicadores de los que se obtendrán contactos libres de potencial para ser utilizados en el circuito de maniobra del arrancador y como una señal de entrada al sistema de control.

Si se requiere por motivo de seguridad, para los enclavamientos y disparo se utilizarán relés de seguridad tipo Pilz o similares.

### 5.2.9. Acometidas eléctricas

Los cuadros recibirán las siguientes acometidas.

- Dos (2) alimentaciones a 230 V ca F+N+T de tensión segura desde el “Cuadro de distribución de tensión segura” para los circuitos de los equipos de control y ventilación.

Estarán protegidas por interruptores magnetotérmicos y diferenciales y cada una de las salidas para alimentar los distintos servicios se protegerán con otro interruptor magnetotérmico. Se podrán realizar agrupaciones protegidas por un único interruptor diferencial.

Todos los interruptores dispondrán de un contacto auxiliar NA, que se seriará para enviar una señal agrupada al sistema de control.

- Alimentación a 230 V ca F+N auxiliar desde el “Cuadro de fuerza y alumbrado”, para los circuitos de alumbrado, toma de corriente y calefacción propios.

Estará protegida por un interruptor magnetotérmico y diferencial y cada una de las salidas para alimentar los distintos servicios se protegerán con otro interruptor magnetotérmico.

Todos los interruptores dispondrán de un contacto auxiliar NA, que se seriará para enviar una señal agrupada al sistema de control.

Se instalarán protecciones contra sobretensiones en las acometidas a 230 Vca de los cuadros.

A partir de las tensiones de acometida, por medio de transformadores y/o fuentes de alimentación se generan el resto de tensiones que se requieran.

### 5.2.10. Alimentación de instrumentos y otros equipos externos

Desde los cuadros de control se realizarán las alimentaciones que se requieran tanto a 230 Vca como a 24 Vcc, de los instrumentos, cajas locales, y/o equipos que formen parte de la instalación de instrumentación y control

Para las alimentaciones se dispondrán interruptores automáticos con protección magnetotérmica y para circuitos a 230 Vca también con protección diferencial, junto con las bornas correspondientes.

Se dejará espacio de reserva para posibles ampliaciones.



### 5.2.11. Fuentes de alimentación a 24 Vcc.

Para alimentar los equipos que requieran 24 Vcc se instalarán 2 fuentes de alimentación redundantes de 24 Vcc, alimentadas del circuito de tensión segura, de forma que ante el fallo de una pueda seguir en funcionamiento la otra.

Las fuentes de alimentación serán cortocircuitables y cada una tendrá una capacidad del 100% de carga, más una reserva mínima del 50%. La tensión de salida de las fuentes será estabilizada y estará protegida frente a posibles sobretensiones de cualquier tipo. Los transformadores de las fuentes de alimentación serán de ultra-aislamiento de 3 pantallas.

Las fuentes de alimentación se conectarán en paralelo a través de un módulo de redundancia conectado a las salidas con indicación de fallo de las fuentes de entrada y señal a comunicar al sistema de control. Dispondrán de interruptores automáticos con protección magnetotérmica en la salida de cada fuente.

A partir del módulo de redundancia, las distintas alimentaciones para los diferentes equipos y circuitos se protegerán con interruptores automáticos magnetotérmicos, y si se utilizan bornas tipo fusible llevarán piloto luminoso de indicación de fusión.

En función de la distribución interior, se instalará una protección para cada circuito y/o equipo, de manera que un fallo afecte al menor número de circuitos o equipos posible.

Se dejará espacio de reserva para posibles alimentaciones.

### 5.2.12. Equipos de control.

Los equipos de control estarán basados en la técnica del momento, y contarán con un tiempo de vida de al menos 15 años antes de su descatalogación. Durante el proyecto se deberán estandarizar las marcas y modelos de los equipos de todos los suministros para facilitar las tareas de mantenimiento.

Todos los elementos que conformen el equipo de control deberán haber sido testeados y se deberá garantizar la compatibilidad total entre ellos.

Los equipos de control estarán formados por los siguientes módulos:

- Una CPU (Unidad central de proceso). No se prevé redundancias de CPU
- Módulo de entradas / salidas (analógicas y digitales).

- Puertos de comunicación para conectarse con una red superior de comunicaciones, a través de la cual se accederá a las estaciones de operación de la planta. La red será una ETHERNET de tipo industrial
- Módulos adicionales, si se requiere, para comunicar con E/S de periferia descentralizada y/o buses de campo,

a) CPU

La capacidad de las CPU's será la requerida para manejar el número de señales de los procesos a los que estén asociadas, junto con una reserva para ampliación del programa de control de un 25 %, y tendrán una capacidad de procesamiento de instrucciones de programa suficiente para evitar los "overrun", también permitirán un refresco de las señales e indicaciones que aparecen en las pantallas de operación y supervisión inferior a 2 sg.

En caso de requerirse la CPU deberá permitir la ampliación de memoria fácilmente.

Permitirá modificaciones de programación ON-LINE.

b) Módulos de entradas / salidas

Los módulos o tarjetas de entradas y salidas situados en el mismo cuadro de control serán del tipo periferia descentralizada.

Los modelos de las tarjetas a utilizar estarán testeados y serán totalmente compatibles con los modelos de CPU's elegidos. No se utilizarán módulos con fecha de descatalogación próxima.

El número total de tarjetas se dimensionará para disponer de un 20 % de E/S de reserva.

Las entradas/salidas estarán aisladas galvánicamente por optoacopladores.

Los módulos de entradas y salidas serán del tipo zócalo con borneros para las entradas y salidas y con módulos enchufables para la electrónica. Deberán permitir el cambio en caliente de las tarjetas (hot swapping).

Para permitir una mayor sectorización las tarjetas digitales dispondrán de un máximo de 32 E/S y las tarjetas analógicas dispondrán de un máximo de 8 E/S

Las entradas/salidas estarán aisladas galvánicamente por optoacopladores. Asimismo, estarán protegidas mediante fusible y dispondrán de led de indicación de fusible fundido.

Las salidas digitales serán transistorizadas y alimentarán relés auxiliares (relés de acoplamiento) a 24 Vcc.

Las señales de mando para los arrancadores de motores situados en los cuadros de CCM se enviarán directamente desde las salidas transistorizadas, ya que los relés auxiliares (relés de

acoplamiento) para la señal de marcha estarán situados en los cuadros de CCM. La alimentación de los relés de acoplamiento se realizará desde los cuadros de control.

El resto de señales de mando para otros equipos de proceso se proporcionarán a través de contactos libres de potencial.

Las entradas digitales serán normalmente procedentes de contactos libres de potencial, pero también se recibirán señales procedentes de elementos con cableado a 3 hilos como detectores de giro o detectores de posición que requieren alimentación auxiliar y envían la señal con tensión.

Se instalarán todos los relés o módulos multiplicadores que sea necesario para multiplicar señales tanto digitales como analógicas.

Las entradas y salidas analógicas serán del tipo 4 – 20 mA a 24 Vcc.

La resolución de las tarjetas analógicas será de un mínimo de 12 bits.

c) Módulos de comunicación

Se dispondrá de módulos de comunicación separados o bien de puertos de comunicación en la propia CPU para establecer la comunicación por bus con la red de comunicación del sistema de control central de la planta, con otros PLC's, y/o con módulos de entradas/salidas de periferia descentralizada.

También se utilizarán para comunicarse con otros equipos, tales como variadores de frecuencia, analizadores de redes, instrumentos, válvulas y actuadores, etc. que puedan disponer de esta función.

### 5.2.13. Programación de los equipos de control.

Todos los programas de control deberán ser abiertos y editables, y pasarán a ser propiedad del cliente.

La estructura del programa habrá de quedar lo suficientemente documentada mediante textos en castellano o catalán, de forma que a un programador externo le sea sencillo entender el funcionamiento y realizar modificaciones.

La forma en la que se deberán estructurar tablas de intercambio de datos, el significado de los bits de las palabras, los tipos de variables, etc., se definirán y estandarizarán durante el desarrollo del proyecto.

Para la programación, desarrollo de las pantallas gráficas de operación y supervisión, gráficos de tendencias, listas de alarmas y disparos, etc. se utilizarán herramientas, bloques y librerías compatibles que permitan ser integradas en la plataforma en la que se base el sistema de control central.

Durante el desarrollo del proyecto se definirá el tipo de monitor sobre el que se habrán de mostrar las pantallas gráficas para que el diseño nativo de las citadas pantallas se adecue a las dimensiones del monitor sin necesidad de escalado.

## **6. ESTRUCTURAS METÁLICAS**

El presente punto tiene por objeto fijar las condiciones técnicas requeridas para la realización del diseño, cálculo y ejecución de estructuras metálicas en general.

Dentro de las estructuras metálicas se englobarán entre otras:

- Estructuras, plataformas y pasarelas de servicio.
- Estructuras para soporte de equipos.
- Estructuras y plataformas metálicas para la operación y el mantenimiento de motores, instrumentos, válvulas, bandejas de tuberías, y en general para cualquier equipo que no sea accesible desde las plataformas y pasarelas de servicio.
- Escaleras metálicas en general.
- Bandejas para la instalación y soporte de las tuberías.
- Monorraíles, pescantes y grúas móviles (puentes grúa, etc.).

La presente especificación puede quedar complementada por la particular de cada obra.

### **6.1. Consideraciones a tener en cuenta para el diseño y cálculo de las estructuras.**

Todas las estructuras metálicas, principales y secundarias, deberán ser justificadas mediante cálculo según la normativa aplicable en cada caso.

#### **6.1.1. Normativa aplicable.**

- CTE Código técnico de la edificación:
  - DB-SE: Seguridad estructural
    - SE1: Resistencia y estabilidad
    - SE2: Aptitud al servicio
  - DB-SE-AE: Seguridad Estructural - Acciones en la edificación
  - DB-SE-A: Seguridad Estructural - Acero
  - DB-SI: Seguridad en caso de incendio
  - DB-SU: Seguridad de utilización.
- NCSE-02: Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.
- UNE EN 1993, EUROCÓDIGO 3: Proyecto de estructuras de acero.
- EAE: Instrucción de Acero Estructural. Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo.

- UNE-EN 1090-2:2019 Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para las estructuras de acero
- UNE 76201:1988 - Construcciones metálicas. Caminos de rodadura de puentes grúa. Bases de cálculo.
- UNE 14044:2002: - Uniones soldadas de las estructuras metálicas. Inspección durante su ejecución y montaje.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 20/1991, de 25 de noviembre, de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas.  
  
Ley 13/2014, de 30 de Octubre, de accesibilidad.
- Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.
- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- UNE-EN ISO 14122-1:2002 - Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas. Parte 1: Selección de medios de acceso fijos y requisitos generales de acceso (ISO 14122-1:2016)
- UNE-EN ISO 14122-2:2017 - Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas.. Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas
- UNE-EN ISO 14122-3:2017 - Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas.. Parte 3: Escaleras, escalas de peldaños y guardacuerpos.
- UNE-EN ISO 14122-4:2017 - Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas. Parte 4: Escaleras fijas

- UNE-EN ISO 10684:2006 - Elementos de fijación. Recubrimientos por galvanización en caliente
- UNE 17108:1981 - Tornillos y tuercas de acero. Momentos de apriete.
- UNE-EN ISO 9606-1:2017: - Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros

### 6.1.2. Características de los materiales

Se considerará como mínimo S275JR, con las características certificadas según la norma UNE EN 10025 (productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general).

## 6.2. Durabilidad.

Se aplicarán los criterios de durabilidad del apartado 3 del DB-SE-A.

## 6.3. Ejecución.

Para el control de la ejecución de las estructuras metálicas, tanto en taller como en obra, se aplicará la UNE-EN 1090-2:2011+A1:2011 y el apartado 10 del DB-SE-A.

## 6.4. Tolerancias admisibles.

Las tolerancias admisibles, tanto de fabricación como de ejecución se definen en la UNE-EN 1090-2:2011+A1:2011 y el apartado 11 del DB-SE-A.

## 6.5. Características generales de las estructuras.

Entre otros se tendrán en cuenta los siguientes requisitos generales:

- La estructura metálica empleada para soportar equipos elevados sobre el nivel del suelo será la estrictamente necesaria. Para ello se procurará poner, dentro de lo posible, los equipos lo más cercanos al suelo.
- El diseño de estructuras para soportación de plataformas, pasarelas o equipos elevados respecto al pavimento con alturas iguales o superiores a 3 m, se realizará de forma que permitan el paso de personas y vehículos por debajo de las mismas, sin impedimentos significativos provocados por cartelas y/o perfiles de arriostamiento.

- Se minimizarán los apoyos en el suelo de las estructuras por lo que, si es posible, se colgarán las pasarelas y escaleras de acceso a las estructuras de apoyo de los equipos. No habrá arrostros por debajo de los 2,0 m respecto a la solera.
- Las estructuras de equipos rotativos se arriostrarán para soportar teniendo en cuenta sus acciones dinámicas. Los equipos rotativos tipos ventiladores irán separados de la estructura por medio de “Silentbocks”.
- Las estructuras que formen parte de cubiertas y las propias cubiertas, entre otros requerimientos, contemplarán en su diseño el tránsito de personas. En caso de que en las cubiertas se implanten equipos, se incorporan las estructuras de soportación correspondientes y si es necesario plataformas de operación y mantenimiento y pasarelas de acceso.
- De forma general salvo que se especifiquen otros requisitos, todas las estructuras serán preparadas, imprimadas y acabadas en el taller de fabricación, conforme a lo indicado en apartado de especificación de pintura” y en los requerimientos del proyecto.
- Cuando las estructuras deban estar protegidas por pintura intumescente de protección frente al fuego, la aplicación de esta capa se realizará posteriormente al montaje.
- En cada capa de pintura se usará un color diferente para realizar la comprobación de su aplicación.

### 6.5.1. Características de los elementos.

- Los perfiles mínimos a emplear para la confección de elementos resistentes en las estructuras serán: IPN $\geq$ 120, IPE $\geq$ 120, HEB $\geq$ 100, UPN $\geq$ 80, L $\geq$ 40x40x5, T $\geq$ 50x6, O $\geq$ 40, □ $\geq$ 40, (estas dos últimas series con espesores superiores a 3 mm).
- Las cartelas no tendrán un espesor menor de 8 mm.
- En estructuras reticulares expuestas a la intemperie a alturas mayores de 20 m, el espesor de los elementos a emplear no será menor de 6 mm.
- Cuando se disponga de puentes grúa o monorraíles que deban ir colgados del ala inferior del perfil, únicamente se usará dicho perfil para esta función.
- Las correas que soportan losas de hormigón no tendrán menos de 65 mm de ancho de ala.
- Las correas se fijarán a los elementos que las soportan mediante angulares, no admitiéndose para este fin, el uso de chapa plegada.
- Para cualquier estructura los elementos compuestos serán abiertos, para que puedan pintarse y verse permanentemente por todos sus costados, en caso que no pueda realizarse en forma abierta, se deberá comunicar a la Propiedad y está decidirá.



- Los angulares de arriostamiento se montarán de forma que se eviten acumulaciones de agua o suciedad.
- Los extremos de los tubos que queden abiertos se taparán con chapas metálicas soldadas perimetralmente y las soldaduras se pulirán para evitar rugosidades.

### 6.5.2. Plataformas y pasarelas.

- Se preverán plataformas de operación y mantenimiento, así como pasarelas necesarias para acceso a:
  - Todos los instrumentos.
  - Todas las válvulas de accionamiento manual o automático no accesible sin medios auxiliares y que no dispongan de cadena o dispositivo manual de accionamiento a distancia.
  - Todos los motores, reductores y correas de transmisión. En el caso de las cintas transportadoras (generalmente situados en cabeza de las cintas) para aquellas que por su altura impidan el acceso desde la cota 0 ó de una plataforma intermedia.
  - Todas las bocas de hombre de recipientes, cuyos ejes estén situados a un nivel superior a 2.000 mm por encima del suelo.
  - Todas las compuertas de registros en tolvas y en máquinas.
  - Todas las zonas susceptibles de atascos de material durante la operación de la planta.

Puntos de entrega de material de un equipo a otro, en previsión de atascos de material, etc.

- En general para todas las máquinas y zonas a las que se requiera acceder de forma usual durante la operación y el mantenimiento de planta.
- Las plataformas de trabajo deberán colocarse para que se pueda trabajar en una posición ergonómica, a una altura comprendida entre 500 y 1700 mm.
- La distancia entre el nivel superior de la plataforma y el nivel inferior de la brida de la boca de hombre estará comprendida entre 450 y 600 mm, de tal forma que la distancia entre el nivel superior de la plataforma y el eje de la boca de hombre no exceda de 1.250 mm.
- La altura libre mínima entre el techo y las plataformas y pasarelas debe ser de 2.200 mm.
- La anchura libre mínima de una pasarela será de 800 mm, si es una pasarela de paso con posibilidad de cruce simultaneo de personas, tales como recorridos principales en zonas de equipos, la anchura libre mínima será de 1.000 mm. Por otro lado, las plataformas de trabajo tendrán una anchura libre mínima de 1.250 mm. La anchura de una pasarela diseñada como elemento de evacuación cumplirá con lo indicado en la normativa contra incendios.

La anchura podrá reducirse a 600 mm como máximo con la aprobación de la Propiedad, si la plataforma de trabajo se utiliza solo ocasionalmente como sería el caso de las pasarelas específicas de cintas transportadoras.

- Las plataformas en voladizo anexas a los depósitos tendrán una anchura mínima radial de 900 mm desde la proyección de la tapa de la boca de hombre.
- Las pasarelas y las plataformas situadas a una altura igual o superior a 500 mm estarán provistas de guardacuerpos (barandillas) para protección frente a caídas.

Se instalarán también guardacuerpos si la separación entre una plataforma y la estructura de una máquina o pared es superior a 200 mm o si la protección de la estructura no es equivalente a un guardacuerpos. Sin embargo, se instalará un rodapié formado por pletinas de 100 x 4 mm si la separación entre la plataforma y la estructura adyacente es superior a 30 mm.

Los guardacuerpos tendrán una altura de 1.100 mm, incluirán un pasamanos de sección circular de 50 mm de diámetro, un listón intermedio también de sección circular como mínimo de 25 mm de diámetro, y un rodapié formado por una pletina de 100 x 4 mm. El rodapié quedará como máximo a 10 mm del nivel de circulación y del borde de la plataforma. La distancia entre montantes se limitará preferentemente a 1.500 mm.

En general los pasamanos serán continuos, en caso de un pasamanos discontinuo, el espacio libre entre dos segmentos no será inferior a 75 mm ni superior a 120 mm para evitar atrapamientos de las manos. Cuando las aberturas sean superiores o se requiera el acceso a través de guardacuerpos se utilizarán puertas de cierre automático. Los extremos de los pasamanos se diseñaran sin aristas vivas o salientes con riesgo de enganche de las prendas del usuario.

Las puertas de cierre automático tendrán el mismo pasamanos, listón intermedio y rodapié que los guardacuerpos, abrirán hacia la plataforma y cerrarán contra un tope rígido.

Los guardacuerpos se montarán atornillados a las plataformas y pasarelas, otras soluciones deberán ser aprobadas por la Propiedad, Los extremos de los tubos se sellarán con chapas metálicas soldadas.

Todos los elementos de los guardacuerpos llegarán a obra completamente prefabricados, y su diseño será uniforme para todas las zonas de proceso.

- La separación y aberturas máximas entre elementos que formen el suelo, así como las juntas entre los bordes del suelo y otras estructuras, equipos o elementos de construcción contiguos de paso, no serán superiores a 10 mm.
- Todas las aberturas en el suelo y laterales de plataformas para el paso de tuberías, instalaciones, etc., que no estén protegidas, serán rebordeadas con rodapié formado por pletinas de 100 x 4 mm. La separación hasta la tubería, instalaciones, etc, no será superior a 30 mm.

- El ensamblado de los elementos que formen el suelo de las pasarelas y plataformas, así como los extremos de las mismas frente a otras estructuras de paso o trabajo, no presentarán resaltes o desniveles con una diferencia de altura superior a 4 mm para protección frente a tropiezos.
- Las secciones de plataformas que sean desmontables no tendrán un peso superior a 1.50 kN.
- En general todos los suelos de las plataformas y pasarelas serán a base de emparrillado de 30 x 30 mm., con un espesor mínimo de las platabandas resistentes de 3 mm y con nervios corrugados antideslizantes.

En las zonas de acceso desde escaleras, los frontales del emparrillado del suelo estarán fabricados con perfiles de seguridad antideslizante, o bien ese tramo del suelo formará parte del último peldaño de la escalera.

La fijación y las luces se harán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los elementos de fijación y emparrillado serán galvanizados en caliente según norma UNE-EN-ISO-1461 y con espesor mínimo de 80 micras.

En caso de no utilizarse emparrillado y de acuerdo con la Propiedad se podrá usar chapa lagrimada 6/8.

Los suelos de emparrillado, llegarán a obra completamente prefabricados incluyendo los pasos de tuberías, rodapiés, etc. El retoque de emparrillados en obra no está permitido.

- En lugares con riesgo de derrames de polvo o líquidos, o en previsión de baldeos frecuentes, se usará chapa lagrimada 6/8 en vez de suelos de emparrillado, no permitiéndose el uso de chapa estriada. El suelo será continuo en toda la superficie y no presentará juntas entre las chapas. La zona, así como los huecos de paso de instalaciones, se bordeará con un perfil perimetral de contención de mínimo 15 mm de altura estanco al polvo y líquidos. Se preverán desagües en todas las zonas donde cualquier líquido pueda derramarse, debiéndose conducir mediante canalización hasta la cota  $\pm 0,00$ .

En el diseño del acceso a estos lugares, no se interrumpirá el perfil perimetral de contención, por lo que el acceso será salvando dicho perfil. Se contemplará la inundación de esta zona en el cálculo de cargas.

- Todos los recorridos serán libres de obstáculos, por lo que en caso de existir algún elemento que dificulte el paso se salvará mediante rampas o escaleras adecuadas al tipo de recorrido (emergencia, paso de vehículos, carretillas, etc.).

Cuando para realizar un recorrido se puedan utilizar atajos que resulten peligrosos, se colocarán protecciones que bloquen el paso e impidan su uso.

De forma general las plataformas y pasarelas en las que los recorridos sean superiores a 30 m, además del acceso principal, contarán con otro acceso secundario situado al final del recorrido.

Cuando las plataformas y pasarelas formen parte de recorridos de evacuación, las distancias máximas entre accesos cumplirán con lo indicado en la normativa contra incendios.

En recorridos en los que no se pueda conseguir la altura mínima y existan riesgos de golpes en la cabeza, se colocarán elementos amortiguadores en todas las estructuras y lugares de paso a baja altura, señalizados con franjas amarillas y negras por ambos lados.

- Todas las plataformas, pasarelas y descansillos deberán soportar las sobrecargas de uso definidas a continuación:
  - 2.50 kN/m<sup>2</sup> como carga uniformemente distribuida.
  - 1.50 kN como carga puntual aplicada en la posición más desfavorable, repartida en una superficie de carga 200 mm x 200 mm.
- La flecha vertical en plataformas, pasarelas y descansillos sometidos a cualquier combinación de acciones característica, no deberá ser superior a lo indicado a 1/200.

### 6.5.3. Escaleras.

- Se utilizarán escaleras para el acceso a niveles principales de operación y/o de servicio formados por plataformas y/o pasarelas, así como a techos de edificios que soporten equipos.

Se entienden por niveles principales de operación y/o servicio aquellos que sirven a un grupo de equipos y que requieren una frecuente atención o presencia de personal de operación y/o de mantenimiento.

Otros tipos de accesos en sustitución de escaleras, tales como pasarelas inclinadas, escalas fijas (verticales o de gato), deberán ser aprobados por la Propiedad.

- La anchura libre mínima de una escalera será de 800 mm, si la escalera se utiliza normalmente para que pasen o se crucen varias personas simultáneamente, tales como en recorridos principales en zonas de equipos, la anchura mínima libre será de 1.000 mm. La anchura de una escalera diseñada como elemento de evacuación cumplirá con lo indicado en la normativa contra incendios.

La anchura podrá reducirse a 600 mm como máximo con la aprobación de la Propiedad, si la plataforma la escalera se utiliza solo ocasionalmente y la reducción se hace sólo para una corta distancia.

- La altura máxima entre los descansillos de las escaleras de varios tramos será de 3.000 m, Si la escalera es de un solo tramo no deberá exceder de 3.500 mm. Los descansillos intermedios no serán menor a la mitad de la anchura de la escalera y como mínimo de 1.000 mm, medidos en la dirección de la escalera. El espacio libre vertical desde los peldaños no será inferior a 2.300 mm.

- Los escalones, excluidas las proyecturas, tendrán al menos 230 mm de huella y la contrahuella estará comprendida entre los 130 mm y 200 mm. La proyectura del escalón será igual o mayor de 25 mm, y se aplicará igualmente a los descansillos y plantas. La contrahuella se deberá mantener constante, si está justificado se podrá reducir máximo un 15 % entre el nivel de partida y el primer escalón.

El escalón más alto deberá estar al mismo nivel que el del descansillo o la plataforma.

- Todos los peldaños de las escaleras serán del tipo emparrillado de 30 x 30 x 3 y malla de seguridad de 8 x 8 mm galvanizados en caliente y estarán provistos de frontal de seguridad antideslizante, al igual que los frontales de los descansillos y los accesos a las plataformas de emparrillado.

Los peldaños estarán provistos de agujeros colisos y se atornillarán a las zancas de las escaleras.

- De forma general todas las escaleras dispondrán al menos de un pasamanos. Si la anchura de la escalera es superior o igual a 1.200 mm deberá haber dos pasamanos.

Para escaleras de más de 3.000 mm de anchura se deberá instalar un pasamano intermedio de forma que quedará una anchura a ambos lados de 1.500 mm como mínimo.

Los pasamanos estarán libres de obstáculos en toda su longitud, alrededor de su perímetro en una distancia de 100 mm, excepto en la parte inferior del pasamanos.

Los extremos de los pasamanos se diseñarán sin aristas vivas o salientes para evitar enganches de las prendas del usuario. Es recomendable que se prolonguen hasta el suelo o pared.

- Se instalarán guardacuerpos (barandillas) si la altura a salvar es superior a 500 mm y si existe un espacio lateral, adyacente a la zanca, superior a 200 mm.

Los guardacuerpos estarán formados por pasamanos, listón intermedio y rodapié, de las mismas dimensiones que los guardacuerpos de las plataformas, con una altura superior del pasamanos entre 900 y 1000 mm desde la proyectura del escalón y de 1.100 mm por encima del nivel de circulación en los descansillos.

Los pasamanos deberán ser continuos en los descansillos y estar unidos con los pasamanos de las plataformas, en los casos que no pueda aplicarse se mantendrá una separación entre 75 y 120 mm para evitar atrapamientos de las manos. En el arranque de las escaleras, los pasamanos se diseñarán sin aristas vivas o salientes para evitar enganches de las prendas del usuario, se recomienda que se prolonguen hasta el listón intermedio o hasta el suelo.

Los guardacuerpos se montarán atornillados por el exterior de las zancas. Los extremos de los tubos se sellarán con chapas metálicas soldadas.

Todos los elementos llegarán a obra completamente prefabricados, y su diseño será uniforme para todas las zonas de proceso.

- Las zancas de las escaleras, así como los descansillos se realizarán con perfil estructural tipo UPN.
- En el diseño de las escaleras se considerará, que cada zanca en su arranque a partir del pavimento, se apoyará en un dado independiente de hormigón de 150 mm de altura.
- La sobrecarga de uso en cuenta serán:

Para la estructura: 2.5 kN/m<sup>2</sup> como carga uniformemente distribuida.

Para los escalones:

- Si la anchura es menor de 1.200 mm se considerarán cargas de 1.5 kN repartidas en una superficie de 100 x 100 mm, en el borde del escalón a la mitad de la anchura.
  - Si la anchura es mayor o igual a 1.200 mm se considerarán cargas repartidas de 1.5 kN, cada una de ellas en una superficie de 100 x 100 mm, en los puntos más desfavorables, espaciados a intervalos de 600 mm, donde un límite es el escalón.
- La flecha vertical en la estructura y los escalones de las escaleras sometidos a cualquier combinación de acciones característica no será superior a L/400.

#### 6.5.4. Escalas fijas.

- Se utilizarán escalas fijas (escaleras verticales o escaleras de gato) únicamente en los accesos a plataformas ancladas alrededor de tanques, o accesos a un único equipo o boca de inspección. Cualquier otra aplicación deberá ser aprobada por la Propiedad.

Este tipo de escalas deben ser consideradas intrínsecamente peligrosas y por ello debe velarse por un correcto diseño, un uso restringido a personal entrenado sólo para accesos esporádicos u ocasionales siempre que no sea posible otro sistema de acceso más seguro y la utilización de equipo de protección personal frente a caídas.

Se preferirá que las escalas verticales, accedan a los equipos o bocas de inspección, lateralmente.

- Las escalas fijas de un solo tramo no podrán tener longitudes mayores de 9.000 mm; para longitudes mayores se fraccionarán en tramos de máximo 6.000 mm y estarán provistas de descansillos intermedios.
- La separación entre los montantes de la escala será como mínimo de 500 mm.
- La distancia entre peldaños será constante y estará comprendida entre 225 y 300 mm. Los peldaños serán de sección circular con superficie antideslizante y tendrán un diámetro entre 25 y 35 mm para garantizar una superficie de apoyo y un buen agarre de las manos.

El peldaño superior de la escala estará colocado al mismo nivel que el de la plataforma de llegada. Si la separación entre la plataforma y la escala es superior a 75 mm se realizará una extensión de la plataforma.

En las llegadas a los descansillos intermedios, los montantes y peldaños de llegada se prolongarán un mínimo de 1.700 mm respecto al nivel del descansillo para proporcionar un buen agarre de las manos.

- La separación entre la escala y cualquier obstrucción u obstáculo permanente será: por delante de la escala como mínimo de 750 mm, y por detrás de la cara posterior de los peldaños como mínimo de 200 mm y de 150 mm en caso de obstáculos discontinuos. Además, habrá un espacio libre de 400 mm a ambos lados de la escala.
- Cuando las escalas tengan una longitud mayor de 3.000 mm estarán provistas de jaulas de seguridad anticaídas.

Las jaulas de seguridad serán circundantes y estarán formadas por un mínimo de 5 soportes verticales con aros colocados a un máximo de 1 m. El diámetro libre dentro de los aros será de 700 mm. La superficie vacía entre soportes verticales y aros no será superior a 0,40 m<sup>2</sup>.

La parte más baja de la jaula comenzará a 2.300 mm a partir del nivel de arranque de la escala desde el pavimento y desde los descansillos.

- En las zonas de llegada de las escalas, los montantes y las jaulas de seguridad (si disponen) se prolongarán al menos hasta la altura del guardacuerpos de la plataforma o zona de llegada, como mínimo 1.100 mm. Los montantes se ensancharán para facilitar el acceso y se prolongarán horizontalmente hasta unirse con los guardacuerpos.

Las zonas de llegada estarán provistas con portillos anticaídas con pasamanos y barra intermedia de cierre automático, bien por muelle o por bisagras de plano inclinado.

En las salidas a los descansillos y en los descansillos, las jaulas de seguridad se prolongarán hasta una altura mínima de 1.600 mm.

Si la distancia horizontal de una escala fija con jaula de seguridad con respecto al guardacuerpos de la zona de salida sobreelevada, no es superior a 1.500 mm, el guardacuerpos de estar provisto de una extensión, o la estructura de la jaula debe ser prolongada hasta el guardacuerpos.

En accesos a cubiertas de edificios provistas de zócalo o murete perimetral, la escala salvará estas alturas y se prolongará con un descansillo o plataforma por encima del zócalo o murete, añadiendo si procede por altura, otra escala o escalera por el interior de la cubierta.

- En el diseño de las escalas se considerará, que los montantes en su arranque a partir del pavimento se apoyaran en dados de hormigón de 200 mm de altura.

### 6.5.5. Tornillería.

De forma general todas las uniones de montaje serán atornilladas, salvo que exista acuerdo que autorice otro medio de unión.

Los tornillos serán de alta resistencia y calidad mínima 8.8 con características mecánicas definidas en la tabla 4.3 del DB-SE-A, galvanizados en caliente según norma UNE-EN ISO 10684 con 50 micras de espesor mínimo.

El diámetro nominal mínimo de los tornillos debe ser 12 mm, salvo que se especifique otro diámetro en el proyecto.

Todos los tipos de arandela que se utilicen, así como el material auxiliar de fijación tales como mordazas, etc., serán de acero galvanizado en caliente igual que los tornillos.

En el caso de que las estructuras o los elementos a unir sean de acero inoxidable, los tornillos, tuercas, arandelas y otros accesorios, serán también de acero inoxidable.

En tornillos de alta resistencia se colocará siempre arandela bajo la cabeza y bajo la tuerca. En una cara de la arandela se achaflanará el borde interno para poder alojar el redondeo de acuerdo entre cabeza y espiga; el borde externo de la misma cara se biselará también con el objeto de acreditar la debida colocación de la arandela. Si los perfiles a unir son de cara inclinada, se emplearán arandelas de espesor variable con la cara exterior normal al eje del tornillo.

Para tornillos pretensados las arandelas serán endurecidas, en tornillos 10.9 las que se monten debajo de la cabeza y de la tuerca, en tornillos 8.8 las que se monten debajo del elemento que gira (cabeza de tornillo o tuerca).

Si las uniones son susceptibles de estar sometidas a cargas dinámicas o vibraciones y con ello que la unión atornillada se afloje, así como en los tornillos que estén sometidos a esfuerzos de tracción en dirección de su eje se utilizarán tuercas autoblocantes o arandelas de muelle (grower).

La espiga no roscada será menor que el espesor de la unión más 1 mm, comprobándose que no se alcanzará la superficie exterior de la arandela después del apriete.

La espiga del tornillo debe salir de la rosca de la tuerca después del apriete y entre la superficie de apoyo de la tuerca y la parte no roscada de la espiga, además de la salida de la rosca, debe haber:

- a) cuatro filetes de rosca completos para tornillos pretensados.
- b) un filete de rosca completo para tornillos sin pretensar.

### 6.5.6. Soldaduras.

Las estructuras metálicas estarán prefabricadas en taller, minimizándose el número de soldaduras a realizar en obra.



Los materiales de aportación para la realización de las soldaduras deberán ser los apropiados para el proceso de soldeo, teniendo en cuenta el material a soldar y el procedimiento de soldeo. Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos iguales superiores a las del material base que constituye los perfiles o chapas a soldar.

No se utilizarán electrodos de gran penetración en la ejecución de uniones de fuerza.

Para el soldeo de todos los productos de acero, se utilizarán preferentemente electrodos con revestimiento básico, bajo en hidrógeno, y serán preceptivos en uniones que puedan estar sometidas a esfuerzos dinámicos. Estos electrodos se emplearán perfectamente secos, para lo cual se introducirán y conservarán en un desecador hasta el momento de su utilización.

Las soldaduras se realizarán según el "Plan o memoria de soldeo" que figurará en los planos de taller, con todos los detalles de la unión, las dimensiones y tipo de soldadura, la secuencia de soldeo, las especificaciones sobre el proceso y las medidas necesarias para evitar el desgarro laminar, detallando las técnicas operatorias a utilizar dentro del procedimiento o procedimientos elegidos.

La preparación de las uniones que se tengan que realizar en obra se efectuará en taller, y serán las apropiadas para el proceso de soldeo que se utilice.

Se tomarán las debidas precauciones para proteger los trabajos de soldeo contra el viento y, especialmente, contra el frío. Se suspenderá el trabajo cuando la temperatura baje de los 5 °C. Queda prohibido acelerar el enfriamiento de las soldaduras con medios artificiales.

En todas las costuras soldadas que se ejecuten en las estructuras se asegurará la penetración completa, incluso en la zona de raíz.

Los soldadores deberán estar certificados por un organismo acreditado y cualificarse de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9606-1:2017; cada tipo de soldadura requerirá la cualificación específica del soldador que la realiza.

Se contará con un especialista denominado "coordinador de soldeo", mientras duren las actividades relacionadas con el mismo en las estructuras correspondientes a clases 4, 3 y 2., con capacidad profesional y experiencia acorde con el proceso de soldeo del que es responsable.

### 6.5.7. Elementos de anclaje.

El sistema de anclaje y sus elementos se diseñarán y dimensionarán para soportar las acciones consideradas en el cálculo de las estructuras. Se tendrá en cuenta la facilidad de la ejecución posterior en la obra.

Las placas base de las estructuras que requieran un hormigonado entre la placa y el cimiento, cuya dimensión mínima supere 400 mm dispondrán de orificios de venteo de 50 mm para facilitar la penetración del producto.

De forma general se aplicarán los elementos de anclaje que se definen en la presente especificación, para la sujeción de la estructura a las cimentaciones. Otros sistemas de anclaje se utilizarán bajo aprobación previa de la Propiedad.

En estructuras ligeras prefabricadas, a instalar directamente sobre los pavimentos, se podrá utilizar un sistema de fijación mediante anclajes de tipo químico o anclajes de tipo mecánico por expansión, preferiblemente los primeros.

La soportación de estas estructuras estará formada por una placa de apoyo para fijar al pavimento, la cual dispondrá de 2, 4 o 6 espárragos roscados soldados, provistos de tuercas de nivelación, sobre las cuales se apoyará otra placa soldada a la estructura. Los espárragos estarán dimensionados y deberán ser suficientes, para garantizar que no pandeen aún aplicando la totalidad de las sobrecargas consideradas en el diseño, para una distancia entre placas de 150 mm de mínimo.

Este sistema de anclaje irá recubierto con un dado de hormigón, de mínimo 50 mm alrededor de las placas y mínimo 100 mm por encima de la placa superior.

En estructuras fijadas a paramentos verticales de hormigón se utilizarán anclajes de tipo químico, Se definirá previamente la posición de los anclajes para no afectar a las armaduras metálicas y seguir las recomendaciones establecidas por el fabricante para evitar desconches, especialmente en pilares de hormigón, y deberá ser aprobada por la Propiedad.

- Cuando las estructuras deban estar protegidas por pintura intumescente de protección frente al fuego, la aplicación de esta capa se realizará posteriormente al montaje.
- En cada capa de pintura se usará un color diferente para realizar la comprobación de su aplicación.

## **6.6. Planos**

1. UNIONES SOLDADAS Y ATORNILLADAS.
2. UNIONES RÍGIDAS Y ARRIOSTRAMIENTO.
3. ATADO DE VIGA MONOCARRIL.
4. ATADO DE VIGA MONOCARRIL.
5. REJILLA GALVANIZADA.
6. ESCALERAS INCLINADAS (ARRIOSTRAMIENTOS REJILLA GALVANIZADA).
7. ESCALERAS INCLINADAS (ARRIOSTRAMIENTOS REJILLA GALVANIZADA).
8. ATADO DE VIGA MONOCARRIL.
9. ESQUEMA TIPO DE ANCLAJES DE EQUIPOS A BANCADAS.
10. ANCLAJE PARA ESTRUCTURAS ABIERTAS.

Nº Y TIPO DE TORNILLO  
A DEFINIR POR EL CONSTRUCTOR  
DE LA ESTRUCTURA

IGUAL PERFIL

DISTINTO PERFIL

COLUMNA

VIGAS I.H.[]

CASQUILLO PARA MONTAJE

L 70.7

EN EL ALMA DEL PILAR

Nº Y TIPO DE TORNILLO  
A DEFINIR POR EL CONSTRUCTOR  
DE LA ESTRUCTURA

CASQUILLO PARA MONTAJE

PUNTEADO

EN EL ALA DEL PERFIL

NOTA  
SE USARAN DOS ANGULARES LATERALES L 100.10 POR UNION

Nº perfil	CPN		IPN		HEB		Nº Perfil
	A	B	A	B	A	B	
80	41	17	21	10	-	-	-
100	46	18	25	12	49	22	100
120	50	19	28	14	59	23	120
140	55	21	32	16	69	24	140
160	60	22	36	18	78	28	160
180	64	23	40	19	88	29	180
200	69	24	43	21	98	33	200
220	73	27	47	23	107	34	220
240	77	28	50	24	117	38	240
260	82	30	54	26	127	41	260
280	97	32	57	28	137	42	280
300	92	34	59	30	146	46	300
320	-	-	62	32	146	47	320
340	-	-	65	35	146	48	340
360	-	-	67	35	146	49	360
380	-	-	70	39	-	-	-
400	-	-	73	39	146	51	400
-	-	-	-	-	-	-	-
450	-	-	79	44	146	53	450
-	-	-	-	-	-	-	-
500	-	-	86	48	146	55	500
550	-	-	93	53	146	56	550
600	-	-	100	58	146	57	600

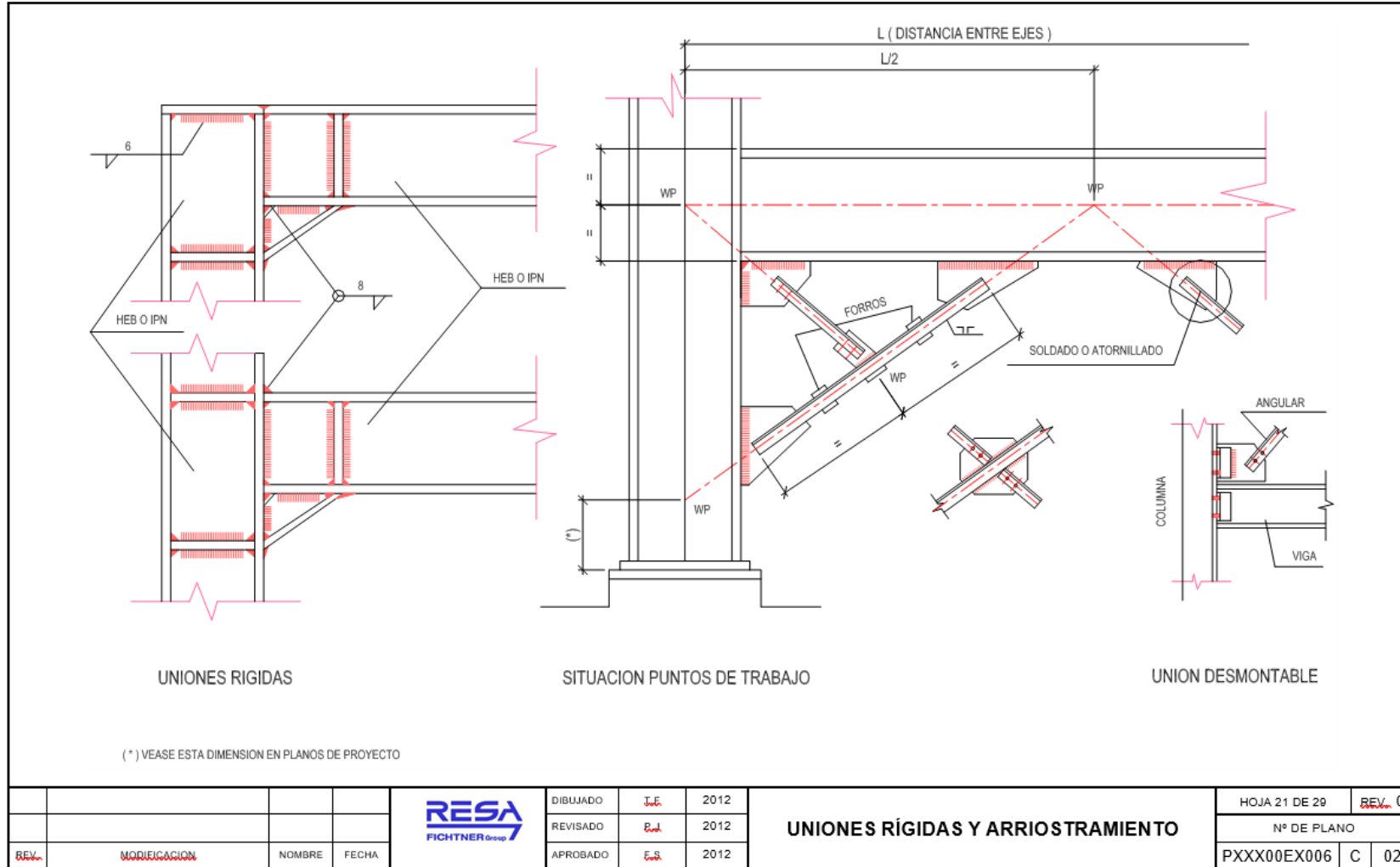
NOTA: Se usarán dos angulares laterales L. 100.10 por unión.

REV.	MODIFICACION	NOMBRE	FECHA
------	--------------	--------	-------

DIBUJADO	J.F.	2012
REVISADO	E.S.	2012
APROBADO	E.S.	2012

**UNIONES SOLDADAS Y ATORNILLADAS**

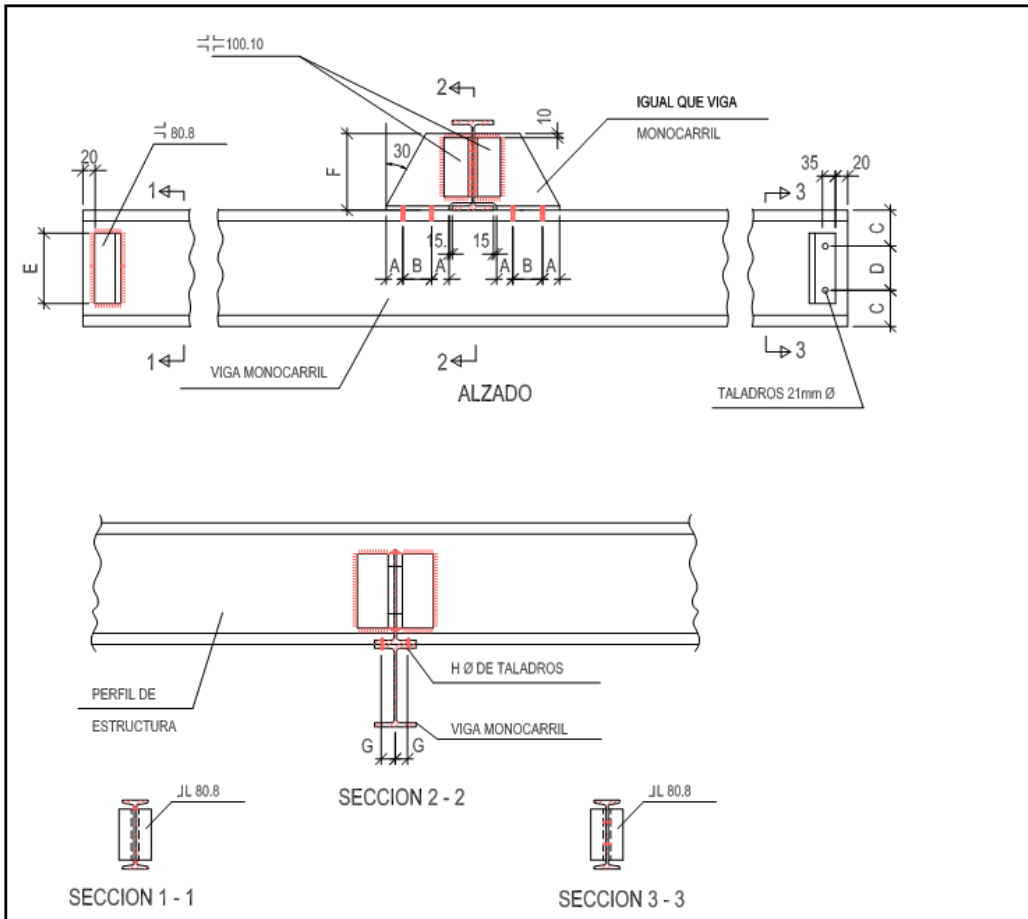
HOJA 20 DE 29	REV. 0
Nº DE PLANO	
PXXX00EX006	C 01



Technical drawing showing the connection of a beam to a structure. The drawing includes a perspective view and three cross-sections (SECCION 1-1, SECCION 2-2, SECCION 3-3). Dimensions and labels are provided for the components and their assembly.

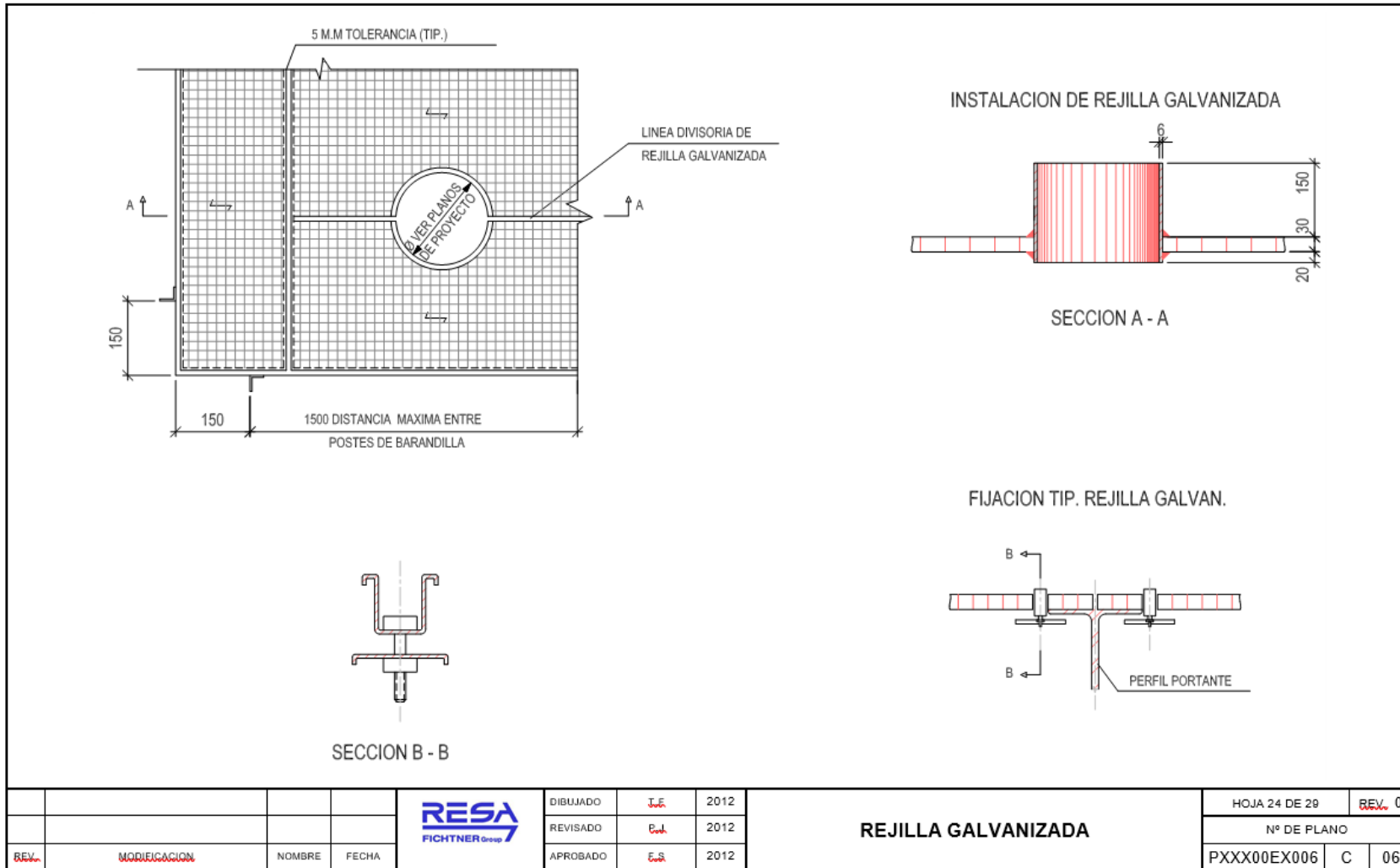
VIGAS MONOCARRIL								
PERFILES		IPN-120	IPN-140	IPN-160	IPN-180	IPN-200	IPN-220	IPN-240
D	A	30	35	40	40	40	40	40
I	B	35	45	45	45	45	50	50
M	C	50	50	70	90	110	120	140
E	D	90	100	120	140	160	170	190
N	E	105	120	140	160	175	195	215
S	F	6	17	20	22	24	26	28
I	G	11	11	11	13	13	13	17
Ò								
N								

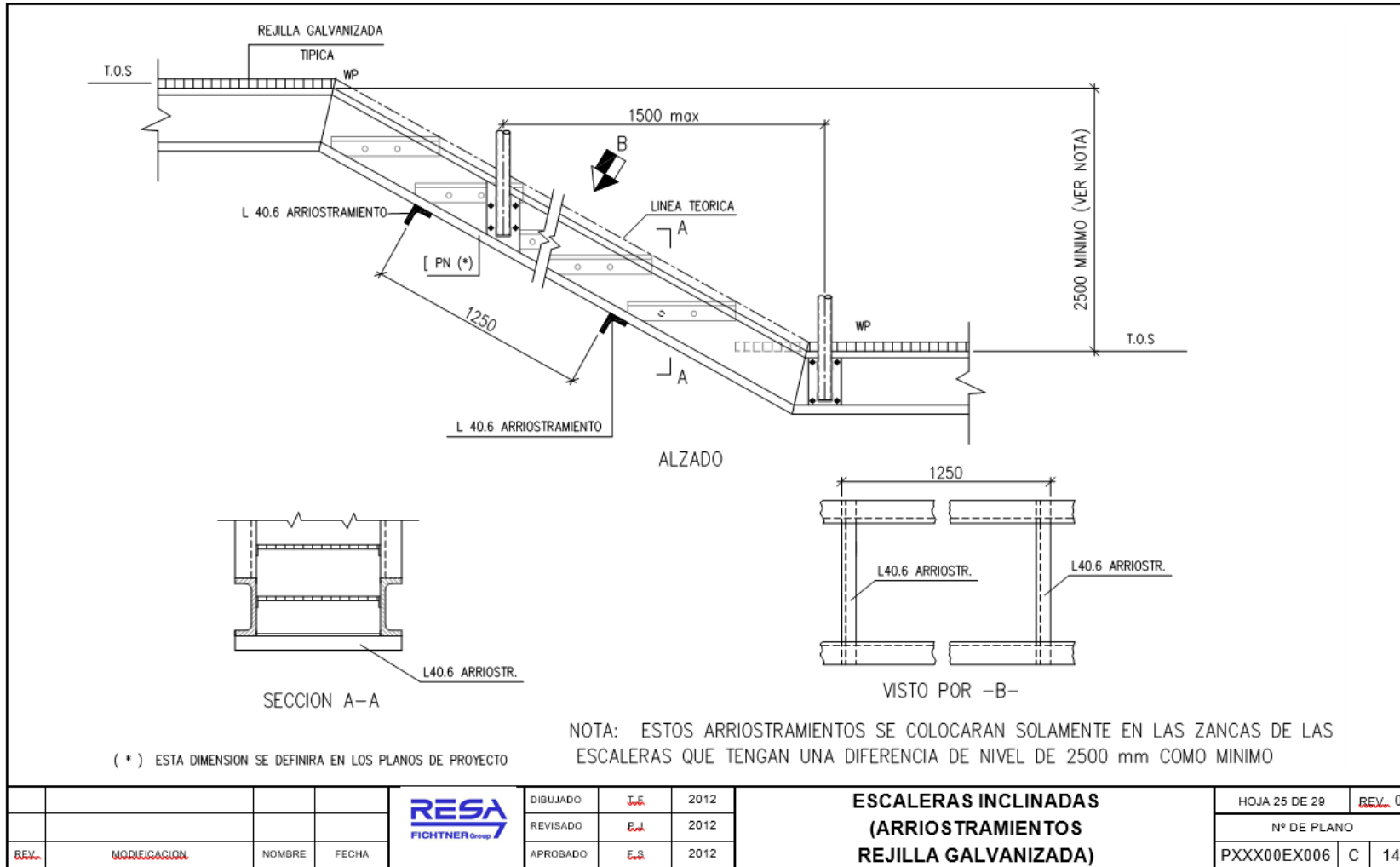
					DIBUJADO	J.v.F.	2012	<b>ATADO DE VIGA MONOCARRIL</b>			HOJA 22 DE 29	REV. 0	
					REVISADO	E.v.l.	2012				Nº DE PLANO		
REV.	MODIFICACION	NOMBRE	FECHA		APROBADO	E.v.S.	2012				PXXX00EX006    C    04		



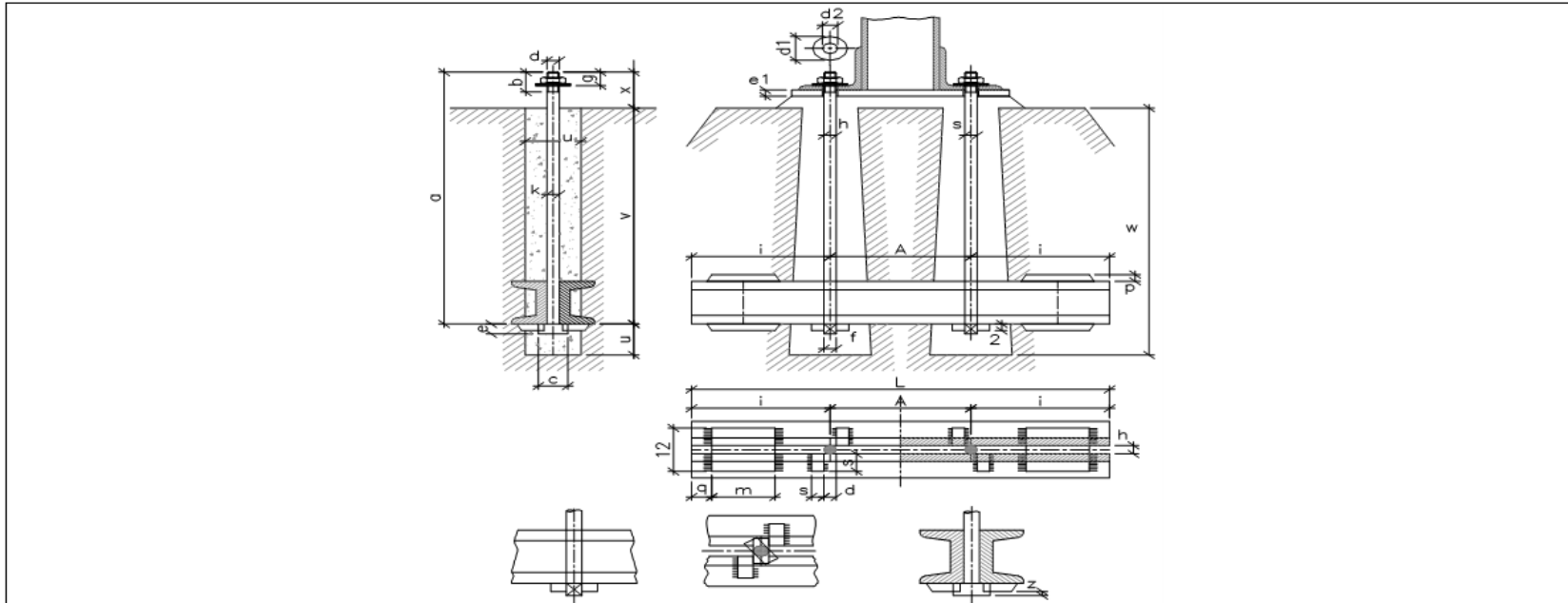
VIGAS MONCARRIL											
PERFILES		IPN-260	IPN-280	IPN-300	IPN-320	IPN-340	IPN-360	IPN-380	IPN-400	IPN-450	IPN-500
D	A	40	40	40	50	50	50	60	60	60	60
I	B	60	60	75	75	75	80	80	80	90	100
M	C	60	60	60	65	65	65	65	70	85	95
E	D	140	160	180	190	210	230	250	260	280	310
N	E	200	220	240	250	270	290	300	320	360	400
S	F	230	250	270	285	305	320	340	360	405	450
I	G	30	31	32	35	37	37	41	42	46	50
Ó	H	21	21	21	21	23	23	23	23	25	28
N											

					DIBUJADO	Eu.F.	2012	<b>ATADO DE VIGA MONOCARRIL</b>	HOJA 23 DE 29	REV. 0	
					REVISADO	Eu.F.	2012		Nº DE PLANO		
REV.	MODIFICACION	NOMBRE	FECHA		APROBADO	Eu.S.	2012		PXXX00EX006	C	05



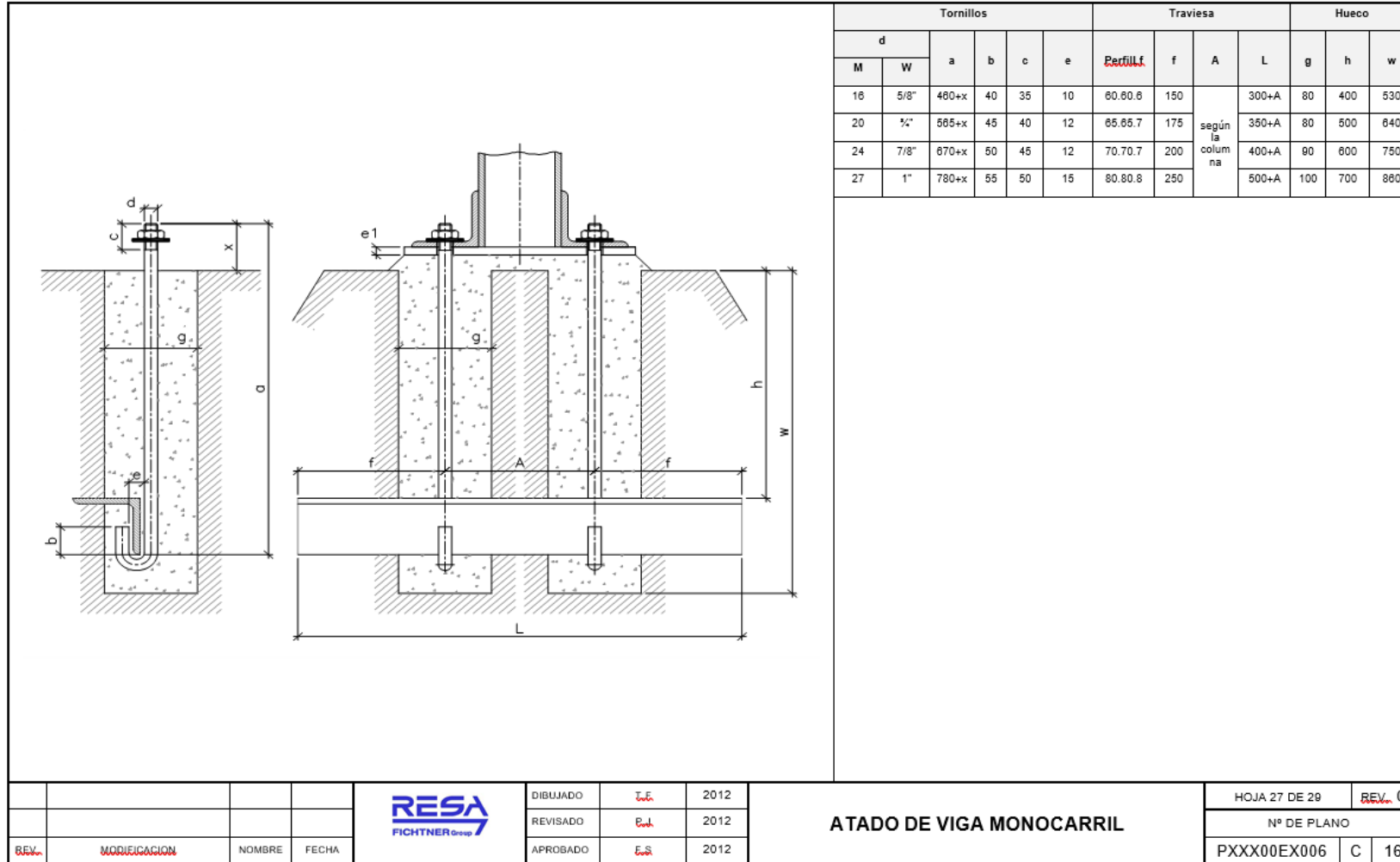


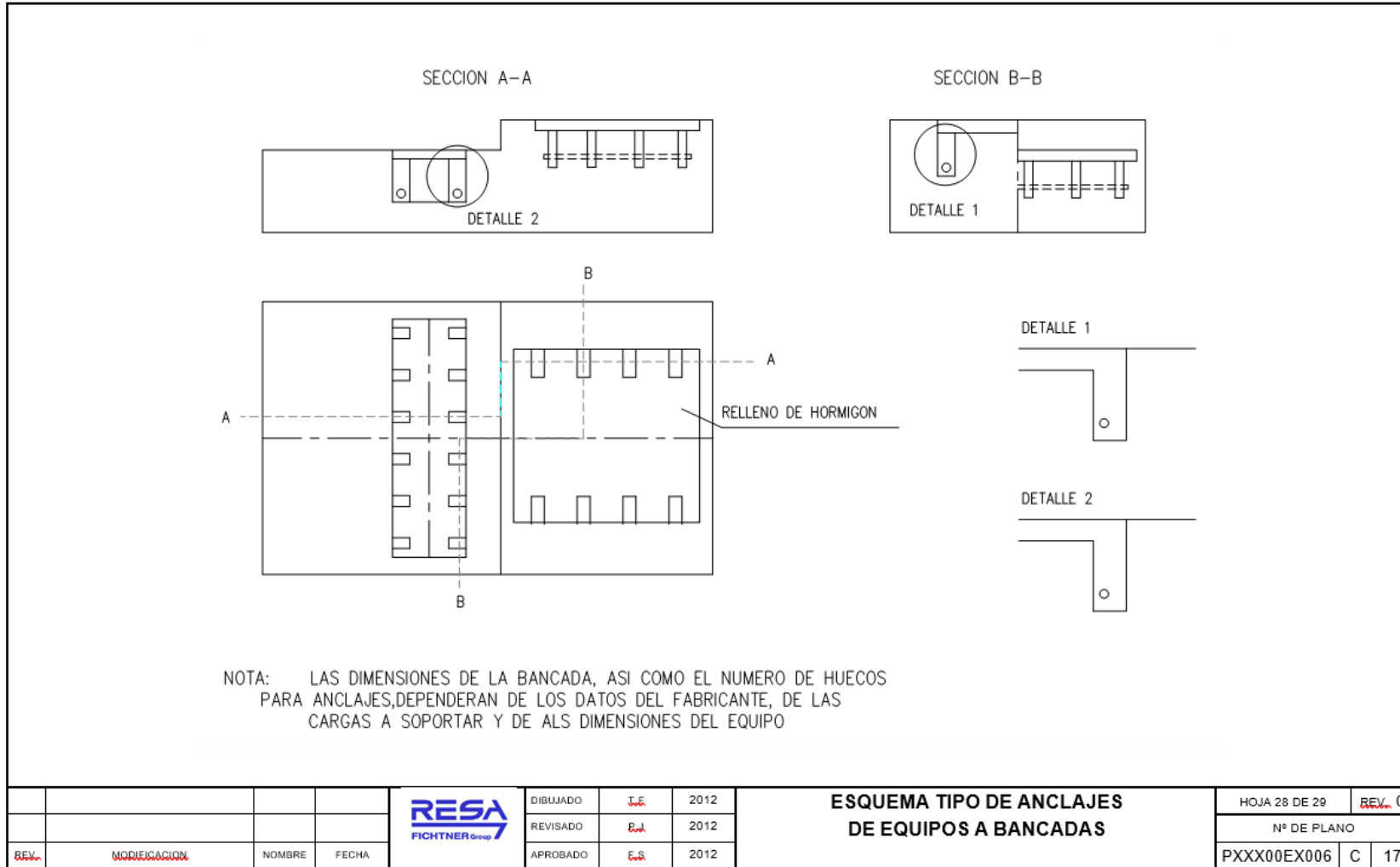


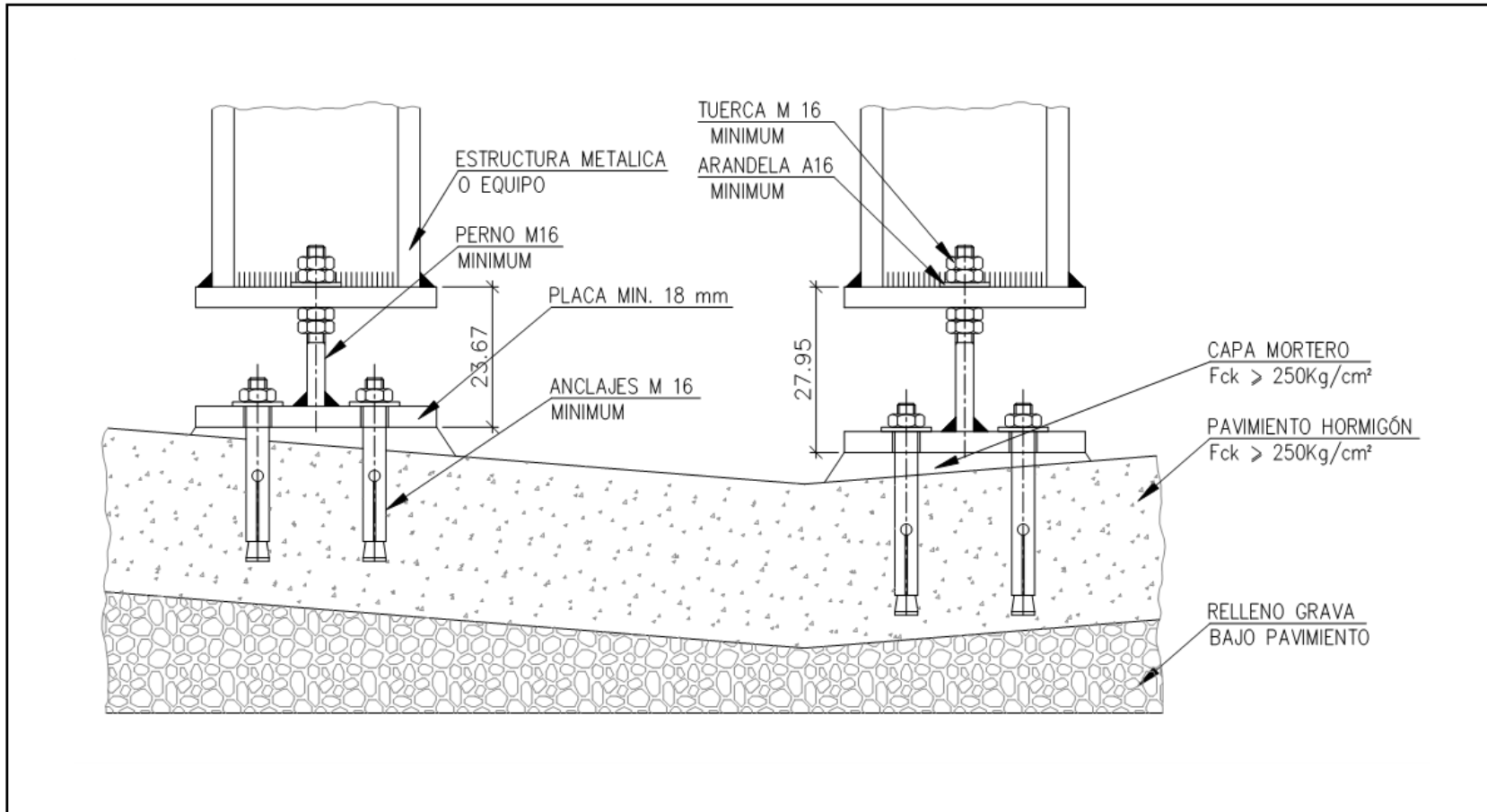


Diámetro		Tornillos									Traviesa										Hueco		
M	W	Tornillo			Arandela			Perfil			Presilla			Tope				u	v	w			
d		a	b	c	e	f	g	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>1</sub>	h	i	L	m	n	p	q	s	t				
30	1 1/8	V + X	120	75	22	30	50	58	31	5	8	38	200	A-400	50	120	8	10	40	15	100	850	950
33	1 1/4		120	80	25	33	55	62	34	5	8	42	200	A-400	50	120	8	10	40	15	100	1050	1150
36	1 3/8		130	85	28	36	60	68	37	6	8	46	200	A-400	50	125	8	10	40	15	120	1100	1220
39	1 1/2		130	95	30	39	65	75	40	6	8	50	200	A-400	60	130	8	10	40	15	120	1200	1320
42	1 5/8		140	100	33	42	70	80	44	7	10	54	200	A-400	60	140	8	10	40	15	120	1300	1420
45	1 3/4		140	110	35	45	75	85	47	7	10	58	250	A-500	60	145	8	10	45	20	150	1400	1550
52	2		160	115	40	52	85	95	54	8	10	66	250	A-500	70	150	8	10	45	20	150	1600	1750
56	2 1/4		170	125	45	56	95	105	60	9	10	70	250	A-500	70	160	8	10	45	20	200	1800	2000
64	2 1/2		180	140	50	64	105	120	68	9	12	76	250	A-500	70	170	8	10	45	20	200	2100	2300
72	2 3/4		190	155	55	72	115	130	75	10	12	84	250	A-500	80	180	10	15	50	25	250	2300	2550
80	3		200	170	60	80	125	140	85	10	12	90	250	A-500	80	190	10	15	50	25	250	2600	2850

REV.	MODIFICACION	NOMBRE	FECHA		DIBUJADO	J.E.	2012	<b>ESCALERAS INCLINADAS (ARRIOSTRAMIENTOS REJILLA GALVANIZADA)</b>	HOJA 26 DE 29	REV. 0
					REVISADO	E.J.	2012		Nº DE PLANO	
					APROBADO	E.S.	2012		PXXX00EX006	C 15







					DIBUJADO	J.E.	2012	<b>ANCLAJES PARA ESTRUCTURAS ABIERTAS</b>	HOJA 29 DE 29	REV. 0
					REVISADO	E.J.	2012		Nº DE PLANO	
REV.	MODIFICACION	NOMBRE	FECHA		APROBADO	E.S.	2012		PXXX00EX006	C   18

## **7. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN, RECUBRIMIENTO Y GALVANIZACIÓN**

### **7.1. General**

Esta especificación se deberá utilizar para la protección contra la corrosión de estructuras de acero, componentes, tuberías y equipos en general que se instalen en áreas confinadas en el interior o en el exterior.

La preparación de la superficie, así como los recubrimientos protectores y los sistemas de revestimiento se basarán en esta especificación para asegurar que las piezas estructurales de los diferentes proveedores obtengan una protección anticorrosiva de calidad similar y alta.

El material de revestimiento sólo será suministrado por fabricantes con experiencia internacional y cuyos productos puedan obtenerse a nivel internacional.

A fin de reducir los trabajos de mantenimiento (almacenamiento), la aplicación y supervisión de los trabajos de revestimiento se realizará con un número mínimo de proveedores de revestimientos.

Los materiales y el equipo utilizado, los métodos de aplicación y la calidad de los trabajos estarán sujetos a la inspección y aprobación de la Propiedad.

Es responsabilidad del contratista asegurarse de que, para todo el equipo suministrado (incluido el de los subcontratistas):

- el sistema de protección sea perfectamente adecuado para las condiciones del emplazamiento y para el propósito específico
- las pinturas en origen proporcionan una protección suficiente durante el transporte, el almacenamiento y el montaje
- las pinturas de taller sean adecuadas para las condiciones de manipulación y montaje (eslingado, trabajos de soldadura de la obra,...) y son compatibles con las capas de acabado de la obra.
- se tomen todas las precauciones necesarias para evitar daños a las pinturas durante el almacenamiento, la manipulación, la soldadura
- las reparaciones necesarias se ejecuten cuidadosamente tan pronto como sea posible
- el número de color RAL de la capa de acabado ha sido aprobado por la Propiedad, incluyendo el código de identificación de la tubería
- los equipos paquete o estándar serán pintado de acuerdo con el estándar del fabricante.

### **7.2. Normativa y códigos aplicables**

La normativa aplicable incluye:

- Datos del producto del fabricante del revestimiento

- EN ISO 8503-2, Preparación de los sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados - Características de rugosidad de la superficie de los sustratos de acero limpiados con chorro de arena - Parte 2: Método de clasificación del perfil de la superficie del acero limpiado con chorro de arena - Procedimiento de comparación
- ISO 11124, Preparación del acero antes de la aplicación de la pintura y productos afines - Especificación de los abrasivos de limpieza con chorro metálico
- ISO 11126, Preparación del acero antes de la aplicación de la pintura y productos relacionados - Especificación de los abrasivos no metálicos de limpieza a chorro
- ISO 1461 con el Anexo 1, Recubrimientos galvanizados en caliente sobre artículos de hierro y acero fabricados - Especificaciones y métodos de prueba
- ISO 12944, Parte 1- 8, Pinturas y barnices - Protección contra la corrosión de las estructuras de acero mediante sistemas de pintura protectores
- ISO 8501, Parte 1 y Parte 3
  - Preparación de los sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados - Evaluación visual de la limpieza de la superficie - Parte 1: Grados de óxido y grados de preparación de los sustratos de acero sin revestimiento y de los sustratos de acero después de la eliminación total de los revestimientos anteriores
  - Preparación de los sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados - Evaluación visual de la limpieza de la superficie - Parte 3: Grados de preparación de soldaduras, bordes y otras áreas con imperfecciones de la superficie
- ISO 2808, Pinturas y barnices - Determinación del espesor de la película
- ISO 4628, Parte 1- 10, Pinturas y barnices - Evaluación de la degradación de los revestimientos - Designación de la cantidad y tamaño de los defectos, y de la intensidad de los cambios uniformes de apariencia
- DIN Fachbericht 28, Protección contra la corrosión de estructuras de acero mediante revestimientos. Pruebas de contaminación visualmente indetectable de superficies (a aplicar sólo bajo determinados supuestos, previo acuerdo con la Dirección de obra)

El término "debería" y las recomendaciones de la norma EN ISO 12944 deben entenderse en general como un requisito.

### 7.3. Clasificación acorde a las cargas de corrosión

La tabla a continuación se utiliza para promover una mejor comprensión de la clasificación de las condiciones ambientales locales en términos de su carga corrosiva. Esta tabla es un extracto de la norma EN ISO 12944-2. Incluye información y definiciones sobre la carga corrosiva y ejemplos de entornos típicos.

Nº	Corrosión categoría	Externa	Interna
1	C1 Insignificante		Edificio con calefacción con atmosfera neutra. P.ej. oficinas, escuelas, hoteles

Nº	Corrosión categoría	Externa	Interna
2	C2 Moderado	Atmosferas con contaminación mínima.	Edificios sin calefacción donde puede ocurrir condensación, p.ej. gimnasios
3	C3 Moderado	Atmósfera urbana e industrial, moderadas impurezas debido al dióxido de azufre. Zonas costeras con una mínima carga de sal.	Salas de producción con alta humedad y algo de contaminación del aire, por ejemplo, sistemas de producción de alimentos, lavanderías, cervecerías, lecherías
4	C4 Alta	Zonas industriales y zonas costeras con una carga salina moderada.	Sistemas químicos, piscinas, cobertizos para barcos sobre el agua del mar
5	C5-I Muy alta (Industria)	Zonas industriales con alta humedad y atmósfera agresiva	Edificios o áreas con prácticamente condensación constante y con contaminación pesada
6	C5-M Muy alta (Mar)	Zonas costeras y de alta mar con gran contaminación.	Edificios o áreas con prácticamente condensación constante y con una alta carga de sal

Ejemplo de aplicación de las categorías de corrosividad para las partes del sistema en una planta de tratamiento de residuos:

Nº	Categorías de corrosividad	Sección de la planta
1	No hay clasificación: pintura sólo con fines de decoración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edificio de administración completo, excluyendo los cuartos sanitarios</li> <li>- Todas las oficinas y salas de recreo</li> <li>- Corredores, escaleras en el edificio de la administración</li> <li>- Sala de control central</li> <li>- Taller mecánico y eléctrico</li> <li>- Almacén de repuestos</li> </ul>
2	C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edificio de acceso / pesaje (interior)</li> <li>- Todos los cuartos de baño (lavabo, duchas, etc.)</li> <li>- Cabina del operador de grúa (en el interior) cuando sea aplicable</li> <li>- Todas las salas de equipos eléctricos</li> <li>- Recintos de transformadores</li> <li>- Pasillos y escaleras interiores en edificios de proceso</li> <li>- Sala de aire comprimido</li> <li>- Sistema de ventilación en el interior del edificio clasificado C2 (HVAC)</li> </ul>

Nº	Categorías de corrosividad	Sección de la planta
3	C3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Búnker de residuos</li> <li>- Salas de calderas</li> <li>- Edificio de recepción de residuos completo</li> <li>- Salas de baterías (UPS)</li> <li>- Sala de grupo diesel de emergencia</li> <li>- Transformadores (cajas de transformadores, instalación al aire libre)</li> <li>- Grupo diesel de emergencia construido en un contenedor o similar (instalación al aire libre)</li> <li>- Salas con bombas de agua de proceso</li> <li>- Salas hidráulicas separadas</li> <li>- Cabina del operador de la grúa (cuando está fuera del área del depósito de residuos)</li> <li>- Sistema de ventilación en el interior del edificio clasificado C3 (HVAC)</li> <li>- Silo (exterior del silo) si instalado en sala/edificio</li> </ul>
4	C4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chimenea (tubo exterior) para instalación en interior (en el edificio)</li> <li>- Silo(exterior del silo) si instalado intemperie</li> <li>- Estructuras (si instalada intemperie)</li> <li>- Sistema de ventilación en exterior de edificio (HVAC-Coolers)</li> <li>- Torres de refrigeración</li> </ul>
5	C5-I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento y manipulación de productos químicos (por ejemplo, HCl, NaOH, NH4OH, etc.)</li> <li>- Equipo expuesto en zona húmeda, fuera del aire ambiente (pre-tratamiento, nave carga de túneles,...)</li> <li>- Manipulación de residuos / - tratamiento con peligro de productos químicos gaseosos y deposición de sal</li> </ul>

Las cargas corrosivas indicadas en la tabla anterior se conocen teóricamente en las secciones individuales de la planta. Sin embargo, se hace referencia al hecho de que en algunas zonas de la planta, dependiendo de las circunstancias únicas de construcción o tecnológicas, pueden producirse cargas especiales debido a un aumento de la humedad del aire superior al 80% y a la formación de agua condensada, cargas químicas debido a entornos agresivos o un aumento de la corrosión por cargas combinadas. Si las cargas de este tipo se producen de forma individual o combinada, se asocia una asignación sobre la corrosividad C5-I para esta sala o esta sección. También se requieren estimaciones adicionales posteriores relacionadas con el objeto.

La protección contra la corrosión se produce de acuerdo con la norma EN ISO 12944, parte 1 a 8, si no se incluyen disposiciones divergentes o complementarias. Las desviaciones de las regulaciones de EN ISO 12944 y/o los requisitos de esta Especificación General deben ser coordinados con el Contratista antes de la conclusión del acuerdo. Las especificaciones son requisitos mínimos. Se debe demostrar que se cumplen o se superan los requisitos de la norma, la Especificación General y cualquier acuerdo adicional. El Subcontratista debe demostrar que está calificado para la ejecución adecuada de los trabajos.



## 7.4. Durabilidad

Baja: Low (L)	< 7 años
Media: Medium (M)	7 – 15 años
Alta: High (H)	15 – 25 años
Muy alta: Very High	> 25 años

## 7.5. Preparación superficial y limpieza de superficies

Los aceites, las grasas y los auxiliares retardadores de la adherencia deben ser eliminados completamente antes de desoxidar y quitar la cal. La limpieza debe realizarse de acuerdo con la norma EN ISO 12944 Parte 4, Anexo C "Método para la eliminación de revestimientos y contaminaciones extrañas" con el proceso de limpieza más compatible con el medio ambiente.

Las contaminaciones fijas y de capas gruesas como el hormigón y las capas de óxido más gruesas deben ser eliminadas mecánicamente con antelación a los tratamientos posteriores.

Los defectos visibles de laminación, las perlas de soldadura, las cenizas de fondo de soldadura e incineradas, las rebabas, etc., deben eliminarse completamente antes de la eliminación de la oxidación por chorro.

## 7.6. Desoxidación mediante método de chorro de arena

El grado de preparación de la superficie Sa 2 1/2 según la norma EN ISO 12944-4 debe establecerse para los nuevos sistemas y revestimientos o revestimientos parciales en el taller si no se recogen explícitamente otros requisitos. Las imágenes comparativas de las superficies chorreadas se incluyen en la norma EN ISO 8501. Se debe tener un cuidado especial para eliminar cualquier ceniza de rodillo existente sin residuos.

Si no se prescribe por separado, el proveedor deberá utilizar los materiales de chorreado adecuados y el método de chorreado según el proveedor del recubrimiento. Los aceros con mayor estabilidad que los no aleados (por ejemplo, S235JR) deben ser sometidos a chorro con materiales minerales.

Los trabajos de chorreado sólo pueden realizarse si la temperatura de la superficie es de al menos 3 K sobre el punto de rocío, a menos que haya un tratamiento posterior al chorro con condiciones climáticas ideales.

Este umbral debe alcanzarse como mínimo entre la desoxidación de la explosión y la aplicación. La oxidación posterior debe ser chorreada de nuevo.

Después del chorreado, los defectos de laminación aún determinables, los desechos de acero, etc., deben ser pulidos y limpiados antes de la aplicación del recubrimiento según la norma EN ISO 8501-3 grados de preparación P2.

La rugosidad de la superficie de acero debe corresponder al grado de rugosidad "medio (G)" si la proyección se produce con agentes abrasivos de grano irregular o una combinación de agentes de proyección irregulares/nodulares, o "medio (S)" si la proyección se produce con agentes de proyección nodulares metálicos, según la norma EN ISO 8503-1

La profundidad media de rugosidad Ry5 (igual valor Rz) debería ser aproximadamente 50 µm. Se aplica el método del patrón comparativo según la norma EN ISO 8503-2 para los ensayos.

La rugosidad de la superficie debe corresponder a las especificaciones del proveedor del revestimiento.

Si no es técnicamente posible el chorro de arena, se produce una desoxidación hasta el grado de preparación de la superficie St 2.5 según EN ISO 12944-4. Debe aplicarse un sistema que corresponda al sistema de revestimiento utilizado para las superficies actualmente preparadas con una imprimación tolerante a la superficie, de acuerdo con el Anexo B, "Reparación" del mismo proveedor de revestimientos.

## **7.7. Limpieza realizada "in situ"**

Los trabajos de acero protegidos con imprimación de taller después de llegar al lugar deben ser limpiados de sal, arena, aceite, etc. antes de aplicar la primera capa de pintura en el lugar. La imprimación dañada durante el transporte debe ser rectificada mediante limpieza a chorro y recubrimiento antes de aplicar las capas de pintura.

Las superficies de madera deben ser lijadas hasta quedar limpias. Todos los agujeros de los clavos deben ser enmasillados y lijados antes de la imprimación.

Si se requiere una capa protectora de hormigón, se dejará curar el hormigón antes de pintarlo.

Los daños de transporte y montaje, así como los daños que resulten de la soldadura adicional deben ser reparados lo antes posible. Las zonas dañadas deben ser desoxidadas con cepillos giratorios o de acero, ruedas abrasivas, chorro de arena según la norma DIN-ISO 8501-1.

## **7.8. Limpieza de las capas de imprimación e intermedias**

Los recubrimientos de imprimación e intermedios sucios y polvorientos se limpiarán sin residuos según un método adecuado que figura en el anexo C de la norma EN ISO 12944-4 antes de aplicar el siguiente recubrimiento.

La limpieza debe hacerse sin residuos, por ejemplo con detergentes alcalinos y un lavado a fondo con agua dulce. Las manchas de óxido deben ser eliminadas de acuerdo con la pureza requerida.

Las áreas metálicas que tienen una protección temporal contra la corrosión deben ser limpiadas. No deben quedar productos de oxidación en la superficie. Además, hay que tener cuidado de que en los componentes calientes no se liberen productos destructivos ni de reacción al calentarse, que puedan dañar el aislamiento u otras capas de revestimiento. No se podrán utilizar productos químicos que sean peligrosos para el medio ambiente.

## **7.9. Determinación del espesor del revestimiento utilizando EN ISO 12944-5**

Los valores pertinentes de los espesores de capa seca de los sistemas de revestimiento prescritos se considerarán como espesores de capa objetivo, que serán proporcionados por el Contratista y aprobados por la Propiedad. Los valores de espesor del revestimiento se refieren a las mediciones con dispositivos de medición ajustados en la placa pulida.

La determinación del espesor del revestimiento objetivo se realiza con dispositivos de medición magnéticos o de inducción magnética. La norma EN ISO 2808 se aplica para la "rugosidad media" según la norma EN ISO 8503-1 para la medición del espesor de la capa seca. La ISO 19840 NO se aplica aquí.

La siguiente tabla resume el sistema de revestimiento y el espesor del revestimiento que propondrá el contratista:

Coating Systems									
Syste m-No.	Surface location	Temp.°C	Durability (years)	Surface preparation	Coating systems	No. of coats	Generic type	Dryfilm thickness (DFT) per coat µm	Total DFT µm
1	Structural steel works, piping, vessels, tanks INDOOR	up to 120		SA 2.5	Primer	1	Zinc-Epoxy	[..]	[..]
					Finish	1	Epoxy High Solid	[..]	[..] [...]
2	Structural steel works, piping, vessels, tanks OUTDOOR	up to 120		SA 2.5	Primer	1	Zinc-Epoxy	[..]	[...]
					Intermediate	1 – 2	Epoxy High Solid	[..]	[...]
					Finish	1	2-Comp.Polyurethane	[..]	[...] [...]
3	Piping, tanks, etc. INDOOR and OUTDOOR, Insulated	up to 120		SA 2.5	Primer	1	Zinc-Epoxy	[..]	[..]
4	Pumps, motors, other equipment OUTDOOR	up to 120		SA 2.5	Primer	1	Zinc-Epoxy	[..]	[...]
					Intermediate	1	Epoxy High Solid	[..]	[...]
					Finish	1	2-Comp.Polyurethane	[..]	[...] [...]
5	Pumps, motors, other equipment INDOOR	up to 120		SA 2.5	Primer	1	Zinc-Epoxy	[..]	[..]
					Finish	2	Epoxy High Solid	[..]	[..] [...]
6	Pumps, motors, other equipment OUTDOOR	> 120		SA 2.5	Primer	1	Zinc- Ethisilicate	[..]	[..]
					Finish	2	Silicone Aluminium	[..]	[..] [...]
7	Piping, equipment INDOOR/OUTD OOR Insulated	> 120 ≤ 500°C		SA 2.5	Primer	1	Zinc Ethisilicate	[..]	[..]
8	Stacks OUTDOOR	< 120  < 200		SA 2.5	Primer	1	Zinc Ethisilicate	[..]	[..]
					Finish	2	Silicone Acrylic	[..]	[..] [...]

Coating Systems									
Syste m-No.	Surface location	Temp.°C	Durability (years)	Surface preparation	Coating systems	No. of coats	Generic type	Dryfilm thickness (DFT) per coat µm	Total DFT µm
9	Steel surfaces Uninsulated	200 - 450		SA 2.5	Primer	1	Zinc Ethysilicate	[...]	[...]
					Finish	2	Silicone Aluminium	[...]	[...] [...]
10	Galvanized surfaces	up to 120		Mechanical cleaning from contaminants and zinc salts by means of washing or steam jetting or sweep-blasting with fine sand	Finish Coat is required under certain conditions, such as sea climate with chloride exposure*	1	Epoxy High Solid	[..]	[...]
11	Steel surfaces permanently in contact with water, also seawater splash zone	Medium temp. up to 60°C		SA 2.5	Prime and Finish Coat in One	1	Glassflake reinforced High Solid Epoxy	[..]	[...]

### 7.9.1. Procedimiento de aplicación del recubrimiento

Los sistemas de protección se seleccionarán en función de los componentes o equipos y de estas cargas corrosivas y de las temperaturas de funcionamiento. Se permite el uso de sistemas de revestimiento con un valor de protección anticorrosiva más alto para cargas más bajas.

Al utilizar el material de revestimiento suministrado, es necesario cumplir estrictamente todas las instrucciones de aplicación que figuran en los datos del producto del fabricante del revestimiento. Para obtener el máximo rendimiento, se deben seguir estrictamente los datos técnicos, así como las instrucciones de aplicación de cada material de revestimiento.

Para un sistema de revestimiento de varias capas, cada capa tiene que tener un tono de color diferente para identificar claramente el número de capas aplicadas. Durante los trabajos de reparación in situ en las estructuras de taller, es importante que se preparen diferentes capas con los mismos tonos de color. El número de capas tiene que ser el mismo que el sistema de revestimiento original que se utilice.

La última capa de acabado tiene que ser aplicada en el tono de color especificado.

El intervalo entre la aplicación de las diferentes capas tiene que seguir según las precauciones del proveedor. Cada capa tiene que ser limpiada y liberada del polvo de la pulverización antes de que se aplique la siguiente capa. Antes de aplicar una nueva capa, la anterior tiene que ser revisada. Todas las capas tienen que ser aplicadas sin demora.

Se permiten los siguientes procedimientos de aplicación:

- capas de imprimación por pulverización sin aire (se puede aplicar con brocha o rodillo en zonas de difícil acceso, como desconexiones, ángulos, esquinas, etc.)
- reparación de la capa de imprimación con brocha
- terminar los recubrimientos:
  - en las obras:
    - con spray, rodillo o brocha sin aire.
  - en el sitio:
    - con rodillo, brocha o spray sin aire.

Cuando se aplican sistemas de recubrimiento con rodillo, los rodillos deben ser del tipo y calidad que permitan una aplicación adecuada.

Las áreas de control, de acuerdo con las instrucciones del proveedor del revestimiento, deben ser aplicadas. Para este procedimiento, el Contratista y el proveedor de revestimientos deben preparar un programa de áreas de control que se corresponda con los requisitos a garantizar por parte del Contratista.

Siempre que el procedimiento del proveedor lo contemple, el número y el rendimiento de las áreas de control deberán hacerse de acuerdo con la norma ISO 12944 parte 7 y tienen que ser

documentados por escrito. Se admitirán procedimientos estándar del proveedor, siempre que exista una certificación externa de los mismos.

No se podrá realizar ninguna aplicación cuando la humedad relativa no esté dentro del límite establecido y tampoco en caso de niebla, polvo, lluvia, nieve o granizo o cuando se pueda suponer que se pueden producir tales condiciones de mal tiempo dentro de las 2 horas siguientes a la aplicación.

Todos los espesores de película seca especificados (DFT) son espesores mínimos.

Los cordones de soldadura montados en el lugar deben ser pegados con una cinta adhesiva de unos 30 - 50 mm después de la preparación de la superficie (chorreado o desoxidación manual) y antes de la aplicación en la planta de fabricación y ser cubiertos con una capa de decapado.

Las placas de cuadros, chapa diamantada, etc. no deben ser cubiertas con cinta adhesiva, sino que deben ser recubiertas con una capa de decapado en un espesor de película seca de al menos 150 µm.

Las líneas de borde en la estructura de acero deben ser encintadas antes de la aplicación y después de la proyección en un ancho suficiente o deben ser protegidas con barniz antes de la aplicación. El espesor de la capa de imprimación puede ser de 50 µm como máximo.

La aplicación de imprimación temporal en las estructuras que deben ser aisladas tiene que estar de acuerdo con una protección anticorrosiva suficiente para el período de almacenamiento o el tiempo de montaje.

El método de aplicación se hará de acuerdo con las especificaciones de fabricación de la pintura.

El Contratista deberá proporcionar los servicios pertinentes para revisar los procedimientos de control de calidad y prestar servicios de inspección periódica de los sistemas de pintura y de aplicación.

## **7.10. Galvanización**

Los trabajos de galvanización se ajustarán en todos los aspectos a las normas ISO 1461 e ISO 12944 y se realizarán mediante el proceso de inmersión en caliente, a menos que se especifique lo contrario.

Es esencial que los detalles de los miembros y ensamblajes de acero que van a ser galvanizados en caliente se diseñen de acuerdo con los requisitos del proceso. Deberán estar de acuerdo con la norma ISO 12944.

Se dispondrá de orificios de ventilación y drenaje para evitar altas presiones internas y oclusiones de aire durante la inmersión y para asegurar que el zinc fundido no se retenga en los huecos durante la retirada.

Una vez completados, los agujeros de ventilación se taparán con tapones de plástico o de acero inoxidable.

Es necesario limpiar cuidadosamente las soldaduras antes de sumergir los conjuntos soldados.

Todos los defectos de la superficie de acero, incluyendo grietas, laminaciones de la superficie, vueltas y pliegues deben ser eliminados. Todos los taladros, cortes, soldaduras, formación y fabricación final de los miembros de la unidad y los ensamblajes se completarán, cuando sea posible, antes de que las estructuras sean galvanizadas.

Los elementos de acero estructural deben ser primero limpiados con chorro de arena según la norma ISO 8501, segunda calidad, (Sa 2 1/2) o decapados en un baño. El peso mínimo promedio del revestimiento deberá cumplir en general con la norma ISO 1461.

Las superficies de contacto galvanizadas que se unan mediante pernos de agarre por fricción de alta resistencia deberán ser desbastadas antes del montaje para que se logre el factor de deslizamiento requerido. Se tendrá cuidado de asegurar que la rugosidad se limite al área de las caras de contacto.

Se utilizarán eslingas protegidas para la descarga y el montaje. Los trabajos de galvanización, que se almacenarán en la fábrica o en la obra, se apilarán de manera que haya una ventilación adecuada de todas las superficies para evitar las manchas de almacenamiento húmedo (óxido blanco).

Las pequeñas áreas del revestimiento galvanizado dañadas de alguna manera serán restauradas por:

- la limpieza de la zona de cualquier escoria de soldadura y el cepillado minucioso del alambre para dar una superficie limpia
- la aplicación de dos capas de pintura rica en zinc, o la aplicación de una varilla o polvo de reparación de aleación de zinc de bajo punto de fusión en la zona dañada, que se calienta a 300°C.

Las conexiones entre las superficies galvanizadas y las superficies de cobre, aleación de cobre o aluminio se protegerán con un envoltorio de cinta adhesiva adecuado.

## **7.11. Limpieza previa y protección del equipo de la planta**

Esta sección abarca la limpieza mecánica y previa al servicio y la protección de los elementos y equipos de la Planta en el taller del Fabricante y en el sitio que no se vayan a pintar posteriormente.

La limpieza de los componentes fabricados se llevará a cabo después de la fabricación y el tratamiento térmico final o la soldadura en los talleres del fabricante o en el sitio, según proceda.



En caso de que las superficies no se limpien a satisfacción de la Propiedad, las partes de los procedimientos de limpieza o las alternativas convenidas que se consideren necesarias para superar las deficiencias se llevarán a cabo por cuenta exclusiva del Contratista.

La limpieza mecánica, en contraposición a la limpieza química alternativa, es el método preferido para la limpieza en los talleres, salvo cuando ello se vea impedido por consideraciones de diseño o acceso.

Las superficies mecanizadas se protegerán durante las operaciones de limpieza. Para volver a limpiar áreas pequeñas, se podrá permitir la limpieza a mano mediante cepillado de alambre. Los cepillos de alambre utilizados en materiales austeníticos tendrán cerdas de acero austenítico.

Los aceros inoxidable austeníticos, las aleaciones de cobre y aluminio, el hierro fundido, los artículos bimetálicos y metálicos/plásticos, y los componentes fabricados por soldadura por puntos o remachado no se limpiarán químicamente. Todas las áreas de soldadura deberán ser adecuadamente liberadas de tensión antes de la limpieza química.

En el momento oportuno, el Contratista presentará los planos de las tuberías temporales necesarias para llevar a cabo la limpieza previa al servicio simultáneamente con una lista de los trabajos que se realizarán en las tuberías, calentadores, depósitos de agua de alimentación, recipientes, etc. para conectar las tuberías temporales con las partes del equipo que se van a limpiar.

Además, el Contratista presentará al mismo tiempo el proyecto básico del procedimiento de limpieza y del tratamiento de los desechos.

No menos de seis meses antes del comienzo de cualquier limpieza de la obra, el Contratista tiene que presentar programas que cubran todos los procedimientos, listas de productos químicos, cálculos que indiquen las velocidades, temperaturas, fuerzas y movimientos impuestos durante la limpieza de la obra.

Todo el equipo necesario, provisiones, productos químicos, etc. deben ser proporcionados por el Contratista.

Todas las pruebas, análisis, etc. que se requieran deben ser realizadas por el Contratista.

El Contratista asumirá toda la responsabilidad del tratamiento y la eliminación de los desechos de conformidad con la legislación local y a satisfacción de la Propiedad.

El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para asegurar que las superficies internas de la planta se mantengan limpias y libres de materias nocivas durante la construcción.

Cuando la planta haya sido erigida y rezagada o en cualquier otro momento que se acuerde con la Propiedad para los subconjuntos, la instalación se someterá a un procedimiento de limpieza del emplazamiento propuesto por el Contratista y sujeto a la aprobación de la Propiedad.

## **8. MONTAJE EN OBRA**

### **8.1. Objeto.**

La presente especificación define los aspectos generales del montaje en obra. Los aspectos específicos se detallan en las especificaciones particulares del Contrato.

A las prescripciones aquí detalladas se añadirán, por tanto, las específicas de cada sistema a suministrar y las que el Contratista tuviera de su experiencia, con tal de asegurar la calidad de los equipos suministrados y montados.

Las exigencias de la presente especificación deberán ser aplicadas íntegramente, a excepción de los acuerdos en contrario, que en todo caso deberán ser contemplados en el Convenio de Adjudicación (Contrato).

### **8.2. Alcance de aplicación.**

La presente especificación se aplicará a todos aquellos equipos que deban instalarse o acoplarse en obra para cumplir el fin para el cual han sido contratados, en el ámbito de los límites de suministro de la "Especificación Técnica Particular" o Contrato.

### **8.3. Excepciones de aplicación.**

Cualquier excepción a la presente especificación deberá exponerse a la propiedad y estar contemplado en el Contrato.

### **8.4. Responsabilidades del Contratista.**

#### **8.4.1. Empresas constructoras y de montaje en obra.**

Para el montaje en obra sólo se admitirán empresas que estén debidamente homologadas para el trabajo a realizar, según se expone a continuación:

##### **8.4.1.1. Estructuras metálicas.**

Las empresas montadoras deberán estar acreditadas y clasificadas según la legislación vigente.

Por ello, el Contratista deberá indicar a la Propiedad, como mínimo un mes antes del inicio de los trabajos, la empresa y los trabajos que se van a realizar en obra, teniendo la Propiedad la facultad de aceptar o rechazar tal proposición.

#### 8.4.1.2. Tuberías y recipientes a presión.

Las empresas montadoras (instaladoras) deberán estar en posesión de la correspondiente "Autorización de Empresa Instaladora de Recipientes a Presión", debiendo mostrar, antes de su admisión en obra, el estar inscritos en el Libro Registro visado y sellado por la Delegación Provincial de Industria o el correspondiente Departamento de Industria de la Comunidad Autónoma.

#### 8.4.1.3. Instalaciones eléctricas.

Las empresas montadoras (instaladoras) deberán estar en posesión del "Título de Instalador Autorizado" según el artículo 13,3 de la ley 21/1992 y, además, poseer un mínimo de dos técnicos titulados.

Además, deberán acreditar el estar inscritos en el Libro de Registro de la Delegación de Industria Provincial y ser vigente el mismo, durante la duración de la obra.

#### 8.4.1.4. Resto de instalaciones.

Las empresas montadoras deberán poseer un mínimo de dos técnicos titulados fijos en plantilla, debiendo demostrarlo, como mínimo, un mes antes de su incorporación en obra.

### 8.4.2. Instalaciones auxiliares durante la construcción / montaje.

#### 8.4.2.1. Suministro de energía eléctrica.

El Contratista recibirá un punto de toma de corriente en el lugar que se defina por el Director de Obra.

#### 8.4.2.2. Suministro de agua.

El Contratista recibirá un punto de toma para sus servicios de obra y de personal en el lugar y toma que indique el Director de Obra.

#### 8.4.2.3. Otros suministros.

Serán por cuenta del Contratista y su instalación y paso deberán ser aprobados por el Director de Obra.

#### 8.4.2.4. Parcela para implantación de las instalaciones auxiliares y provisionales durante la obra.

El contratista deberá poner a disposición de cada una de las subcontratas y para su personal propio de los espacios necesarios para la colocación de casetas, acopio de materiales, talleres de obra provisionales, etc.

Adicionalmente, el Contratista deberá proveer de aseos, vestuarios y comedor, para todos los trabajadores propios y de subcontrata.

El Contratista deberá mantener y conservar en perfecto estado de limpieza las instalaciones auxiliares y en particular, las que marquen las reglamentaciones de Seguridad y Salud en el trabajo.

#### 8.4.2.5. Desmontaje y limpieza de las instalaciones auxiliares.

El Contratista queda obligado a desmontar, retirar y limpiar las zonas usadas a la terminación de la obra, entre éstas se incluyen las oficinas, talleres, comedores, dormitorios, aseos, almacenes y sus instalaciones auxiliares de obra.

### 8.4.3. Planificación de la construcción y programa de trabajos.

- El Contratista está obligado a ejecutar los trabajos en los plazos fijados en el contrato.

El Contratista aportará el organigrama previsto para poder realizar los trabajos encomendados teniendo en cuenta, no solamente la dirección y realización de los trabajos propiamente contratados, sino también de seguridad, programación, control de calidad, servicios sanitarios y administración en obra.

- Todo plazo impuesto en el contrato comienza al principio del día siguiente a la fecha del pedido o del hecho que se especifique expresamente y que sirve de punto de partida a dicho plazo. Cuando el plazo se fija en días, termina al final del último día de la duración prevista, sin que se haga distinción entre días laborables y festivos intermedios.

Cuando el plazo se fija en meses, se contará de fecha a fecha. Si no existe la fecha correspondiente en el mes en que se termina el plazo, éste finaliza el último día de ese mes.

En todos los casos en que el último día es legalmente festivo, el plazo se prolonga hasta el fin del primer día laborable siguiente.

- En el programa enviado con la Petición de Oferta, se indican las actividades que comprende el montaje. A su comienzo y, lo más tarde, al mes de la formalización del contrato, el Contratista queda obligado a establecer un programa, día a día, de las actividades a desarrollar, programa con el que se seguirá la marcha del montaje. En el mismo, se asignará el peso en % de cada actividad en horas/hombre de montaje y construcción en obra.

Siempre que no haya alguna razón en contra, la fecha de comienzo de cada actividad será la fecha de comienzo más temprana que figure en dicho programa.

- El Contratista puede organizar los trabajos según su criterio, pero comprometiéndose a cumplir el programa, no sólo en lo que a fecha de terminación total se refiere, sino a fechas de finalización de cada actividad.
- En las actividades situadas en la "ruta crítica", deberá atenerse estrictamente a las fechas marcadas en el programa, no admitiéndose retrasos en los comienzos de estas actividades bajo ninguna justificación.
- Quincenalmente, los representantes de la Propiedad y el Contratista procederán conjuntamente al estudio y revisión del programa, realizando un informe sobre su desarrollo en el que constarán las causas de las desviaciones observadas.

En la segunda reunión mensual, el Contratista presentará el detalle de los trabajos a ejecutar en el mes siguiente, analizándose el estado de acopios, de personal y dificultades que pudieran encontrarse con tal de tomar los mínimos riesgos en el no cumplimiento del plan.

- El Contratista estará obligado, siempre que la Propiedad lo requiera, a facilitar todos los datos que éste solicite sobre las condiciones de realización de los trabajos y medidas a tomar para la consecución de los plazos previstos.

#### 8.4.4. Medios humanos.

##### 8.4.4.1. Organización.

La organización mínima del Contratista en obra, durante el tiempo que dure su montaje, será la de disponer de un técnico titulado en obra, como total responsable del Contratista en cuanto a planificación del montaje, seguridad e higiene en el trabajo y calidad de la construcción o montaje, siendo además, el interlocutor válido entre el Director de Obra y el Contratista, para cualquier acontecimiento relacionado con la construcción o montaje.

##### 8.4.4.2. Reclutamiento de personal.

- Corresponde al Contratista el reclutamiento de personal, bajo su exclusiva responsabilidad, de toda la mano de obra que se precise para la ejecución de los trabajos y de acuerdo con la legislación laboral vigente en cada momento.

Sin embargo, la estructura de personal resultante de estas contrataciones contendrá un número suficiente de técnicos y mandos intermedios en plantilla. Esta estructura está sujeta a la aprobación de la Propiedad y/o su dirección de obra.

- El Contratista deberá prestar el máximo cuidado en la selección del personal que emplea.

- El Contratista es responsable de los fraudes o malversaciones que sean cometidos por su personal en el suministro o en el empleo de los materiales.
- El número de operarios, así como su especialidad y calificación profesional, deberá ser siempre el adecuado, teniendo en cuenta la cantidad, programa y calidad de la obra a ejecutar. El personal deberá poseer los certificados de Calificación Profesional para los trabajos en que fueran necesarios.
- Mensualmente, el Contratista entregará una relación nominal del personal presente en la obra, clasificado por categorías profesionales, así como la previsión del personal para el mes siguiente.

Si los trabajos se ejecutaran por administración, el Contratista presentará diariamente al Director de Obra, el correspondiente parte de trabajo, con objeto de que sea refrendado por el mismo. En dichos partes figurarán nominalmente los operarios agrupados por tajes, expresándose las horas trabajadas, tanto las normales como las extraordinarias y cualquier aportación de equipo de maquinaria o de medios de transporte. En todo caso, se reserva el derecho de poder comprobar las nóminas de salarios del personal obrero del Contratista y si éste se encuentra al corriente en su abono.

- El Director de Obra tendrá facultades para rechazar al personal que observe como infractor de normas de seguridad, de convivencia con el resto de personal o de calidad del trabajo.

#### 8.4.5. Medios auxiliares de montaje.

##### 8.4.5.1. Oficina de obra.

El Contratista deberá instalar una oficina de obra y mantenerla en obra, como mínimo, durante el tiempo que dure el montaje.

La oficina será suficiente como para permitir el archivo de la documentación de obra, así como para permitir el trabajo simultáneo del personal propio de montaje, en dicha oficina.

##### 8.4.5.2. Almacén.

En caso de que lo requiera, el Contratista instalará por sus propios medios un almacén que deberá cuidar y mantener durante el tiempo necesario de obra.

##### 8.4.5.3. Aseos y comedor.

El Contratista está obligado a instalar y mantener en perfecto estado de salubridad durante el tiempo que dure su montaje, los aseos y comedores de acuerdo a las normas de Seguridad e Higiene. Ello incluye el personal propio y el de sus subcontratas.

#### 8.4.5.4. Maquinaria de elevación y transporte.

El Contratista deberá contratar a su cargo los medios necesarios para el transporte y elevación de los equipos a montar.

En casos en que, por razones del montaje, sea necesario entrar en obra grúas o camiones, se le deberá comunicar al Director de Obra con tres días de antelación a fin de prever y organizar el movimiento de vehículos en obra.

La maquinaria de elevación en obra deberá poseer las licencias y permisos en vigor que en cada caso requieran las leyes y normativas aplicables.

#### 8.4.5.5. Equipos de soldadura eléctrica y autógena.

El Contratista deberá proveerse de los equipos necesarios de soldadura eléctrica y autógena. Estos equipos deberán estar en perfecto estado de conservación, tal como las mangueras de conexión, debiéndose reponer las mismas en caso de observarse algún deterioro.

El Director de Obra reservará un espacio en la obra para colocar los equipos de soldadura, prohibiéndose cualquier otro lugar de instalación que no sea el asignado.

#### 8.4.5.6. Pequeños utensilios y herramientas de montaje.

El Contratista deberá proveerse de los utensilios, herramientas, andamios, etc., necesarios para poder ejecutar por sus medios todos los trabajos relativos a su montaje.

En caso de extravío, pérdida o robo de utensilios o herramientas, el Contratista no podrá pedir indemnizaciones o abonos a la Dirección de Obra.

#### 8.4.6. Materiales.

El Contratista deberá proveerse de los materiales necesarios para la realización completa del montaje. Estos materiales deberán conservarse en perfectas condiciones hasta su utilización.

La tornillería utilizada en el momento del montaje estará exenta de herrumbre, barro u otras inclusiones que no sean propias de la misma, debiéndose imprimir inmediatamente después de su instalación.

Los aceros laminados utilizados para la realización de la obra estarán exentos de cascarillas, herrumbres y demás impurezas extrañas al material, debiéndose limpiar e imprimir anteriormente y luego retocar inmediatamente después de su instalación.

## **8.5. Estructuras metálicas.**

### **8.5.1. Transporte.**

El transporte de piezas deberá efectuarse de acuerdo con las necesidades de la obra.

En caso de elementos esbeltos deberán arriostrarse para efectuar la carga, transporte y descarga con las debidas garantías con tal de evitar las deformaciones permanentes. Para ello se podrá realizar cuantas consultas o sugerencias estime oportunas a la Dirección de Obra, caso de no hacerlo, los desperfectos sufridos por el material serán de su exclusiva responsabilidad. Estas operaciones se entienden incluidas dentro del suministro.

Los elementos estructurales se enviarán a obra debidamente marcados y referenciados de acuerdo a los planos de montaje.

Los elementos estructurales, deberán llegar a obra pintados como mínimo con las capas de imprimación que les corresponda, de acuerdo a la Especificación de Pintura.

### **8.5.2. Almacenamiento y acopio en obra.**

El almacenamiento deberá efectuarse en las debidas condiciones.

Se deberá prestar sumo cuidado a que las piezas esbeltas no queden expuestas a choques de camiones o maquinaria ya que, de producirse deformaciones permanentes que afecten a sus características resistentes o estéticas, el Contratista deberá sustituir las piezas afectadas a su cargo.

El acopio se deberá efectuar en lugares adecuados, sobre traviesas metálicas o de madera, de modo que no exista en ningún punto, contacto con el terreno.

El espacio de almacenamiento deberá ser asignado por el Director de Obra.

### **8.5.3. Montaje.**

El Contratista seguirá estrictamente los criterios especificados en la norma NBE EA-95EL Código Técnico de Edificación (RD 314/2006)

El Contratista deberá comprobar, previamente al comienzo del montaje, la correcta ejecución de la Obra Civil, efectuando el correspondiente protocolo, dando cuenta a la Dirección de Obra con un mínimo de dos días de antelación al montaje, de cualquier anomalía observada.



### 8.5.3.1. Varios.

Durante el montaje, la estructura se asegurará provisionalmente mediante pernos, tornillos, calzos, apeos, tirantes o cualquier otro medio auxiliar adecuado; debiendo quedar garantizadas la estabilidad y resistencia de aquella hasta el momento de terminar las uniones definitivas. Cualquier desperfecto o accidente que ocurra hasta la recepción provisional de la obra será responsabilidad del Contratista.

Todos los elementos auxiliares necesarios para el montaje (grúas, andamios, etc) deberán ser aportados por el Contratista.

No se comenzará el atornillado definitivo de las uniones de montaje hasta que no se haya comprobado que la posición de las piezas a que afecta cada unión coincide exactamente con la definitiva, o si se han previsto elementos de corrección, que su posición relativa es la debida y que la posible separación de la forma actual respecto a la definitiva podrá ser anulada con los medios de corrección disponibles.

Las placas de asiento de los equipos sobre los macizos de fábrica u hormigón, se harán descansar provisionalmente sobre cuñas que se inmovilizarán una vez conseguidas las alineaciones y aplomos definitivos, no procediéndose a la fijación última de las placas, mientras no se encuentren colocados cierto número de elementos análogos con tal de garantizar la correcta disposición del conjunto.

El suministro de los pernos de anclaje de las columnas y pilares irá a cargo del Contratista que, Así mismo, deberá aportar, de no especificarse en el Contrato, el suministro y la colocación del mortero sin retracción.

### 8.5.3.2. Uniones atornilladas.

Los tornillos a emplear cumplirán con la especificación de I CTE la espiga no roscada será menor que el espesor de la unión más 1 mm, comprobándose que no alcanzará la superficie exterior de la arandela después del apriete.

En las uniones con tornillos ordinarios o calibrados, los asientos de las cabezas y tuercas estarán perfectamente planos y limpios.

En todo caso se emplearán arandelas bajo la tuerca y, si los tornillos son calibrados, también bajo la cabeza.

Si los perfiles a unir son de cara inclinada, se emplearán arandelas de espesor variable con la cara exterior normal al eje del tornillo.

Si las uniones son susceptibles de recibir vibraciones y con ello que la unión atornillada se afloje se utilizarán tuercas autoblocantes.

Las superficies de las piezas en contacto deberán estar perfectamente limpias de suciedad, herrumbre, grasa o pintura (para ambientes agresivos y de acuerdo al Director de Obra se podrá mantener la pintura entre caras a unir)..

Las tuercas se atornillarán con el par nominal que les corresponda, quedando por lo menos, un filete fuera de la tuerca después del apriete definitivo.

Los aprietes se efectuarán con llaves dinamométricas, de forma que se comience el apriete por los tornillos del centro de la unión, con un par del 80 % del especificado en los planos o Normas, para completar el apriete en una segunda vuelta.

Los tornillos, tuercas y arandelas empleadas deberán estar galvanizados en caliente.

### 8.5.3.3. Tolerancias.

Las tolerancias máximas permitidas para la construcción de la estructura metálica serán las indicadas en el CTE

### 8.5.3.4. Medios de unión.

Todas las uniones de montaje serán atornilladas, salvo que exista acuerdo expreso con el Director de Obra que autorice otro medio de unión.

Los tornillos destinados a las uniones atornilladas de la estructura metálica, serán galvanizados en caliente.

Entre los medios de fijación provisional pueden utilizarse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas a unir, el número e importancia de estos puntos se limitará al mínimo compatible con la inmovilización de las piezas. Deberán eliminarse posteriormente y rehacerse la pintura y acabados a lo especificado.

En el montaje se presentará la debida atención al ensamblaje de las distintas piezas, con el objeto de que la estructura se adapte a la forma prevista en el proyecto, debiéndose comprobar, cuantas veces fuese necesario, la exacta posición relativa de sus diversas partes.

Si se precisase realizar "in situ" uniones soldadas se observarán las mismas normas utilizadas para la prefabricación en taller.

No se permitirán este tipo de trabajos en condiciones climatológicas desfavorables (fuerte viento, lluvia y temperatura inferior a 5 °C).

Si la Dirección de Obra considera defectuoso el montaje o calidad general de la estructura podrá ordenar su reparación o bien la realización de pruebas de carga, que en caso de no cumplir lo requerido contractualmente serán reparados o sustituidos por cuenta del Contratista.

#### 8.5.4. Inspección y control.

La inspección y control en obra de la estructura metálica, seguirá los criterios que se exponen a continuación, reservándose la Dirección de Obra el derecho a tomar muestras o realizar los controles adicionales que estime oportunos.

##### 8.5.4.1. Documentos.

El Contratista entregará los siguientes documentos a la Dirección de Obra:

- Planos de montaje de la estructura metálica (con las marcas de cada pieza).
- Protocolo de replanteo de la estructura metálica a la obra civil (placas base, alineaciones y aplomes).
- Certificados de los materiales utilizados en las uniones, tanto atornilladas como soldadas.
- Homologación de los soldadores en obra, según UNE-EN-287.

##### 8.5.4.2. Ensayos.

Serán aplicables los siguientes ensayos de control de calidad en obra, los medios auxiliares de comprobación serán facilitados por el Contratista.

- Comprobación del par de apriete de los tornillos de las uniones atornilladas.
- Verificación de alineaciones, desplomes, distancias, flechas y apoyos.
- Verificación de las sujeciones de religas y disposiciones de las mismas.

Verificación mediante medios no destructivos de las soldaduras ejecutadas en obra.

### 8.6. Conductos para aire y gases.

#### 8.6.1. Transporte.

El transporte de conductos se efectuará de acuerdo con las necesidades de la obra.

El Contratista deberá arriesgar debidamente los conductos para transporte y descarga con tal de evitar cualquier deformación o rozaduras, caso de no hacerlo los desperfectos o abolladuras sufridas por los conductos serán reparados a su cargo.

Las partes de conductos llegarán a obra debidamente marcados, referenciados de acuerdo a los planos de montaje e imprimados como mínimo por su cara externa. La Dirección de Obra podrá pedir sin cargo alguno la protección temporal de las caras internas del conducto, de acuerdo al ambiente y duración prevista de las obras.

### 8.6.2. Almacenamiento y acopio en obra.

El almacenamiento se efectuará en las debidas condiciones.

Se deberá prestar atención a que los conductos no queden expuestos a choques de camiones o maquinaria ya que, de producirse deformaciones de sus características estéticas o resistentes, el Contratista deberá realizar la sustitución o reparación a su cargo.

El almacenamiento se efectuará en lugares adecuados y asignados por el Director de Obra y se interpondrán traviesas metálicas o de madera entre el terreno y los conductos y entre ellos.

### 8.6.3. Montaje.

El Contratista cuidará de la correcta alineación de los conductos de acuerdo a los planos de montaje.

El Contratista comprobará, antes del izado de los conductos, que los elementos unidos por los conductos están situados de acuerdo a los planos de montaje, debiendo avisar a la Dirección de Obra de cualquier anomalía observada en elementos fuera de su alcance de suministro con un mínimo de dos días de antelación al montaje.

#### 8.6.3.1. Varios.

- Durante el montaje los conductos se asegurarán provisionalmente mediante pernos, tornillos, calzos, tirantes o cualquier otro medio auxiliar adecuado, debiendo quedar garantizadas la estabilidad y resistencia de los conductos hasta el momento de terminar las uniones definitivas.
- Podrán efectuarse enganches provisionales del conducto para su montaje, siempre que se asegure la no deformación y la restitución a sus condiciones anteriores.
- Entre cada uno de los tramos rígidos de un conducto deberá colocarse un cordón grafitado de 5 x 5 mm mínimo o juntas tipo Klinger grafitadas de 3 mm de espesor.

Si se utiliza cordón para efectuar la junta, éste deberá colocarse haciendo zig-zag entre los tornillos de apriete de la junta.

- No se iniciará el apriete definitivo de las uniones hasta no haber comprobado que la posición de las piezas que afectan a la unión coincide exactamente con la definitiva o que se ha colocado la junta de estanqueidad entre ellas.
- Entre cada uno de los tramos móviles (junta de dilatación) se instalará una junta de fuelle apropiada a las condiciones del aire o gas que circula por su interior.

El fuelle podrá estirarse o encogerse como mínimo 1,5 veces el movimiento máximo considerado para el lugar donde se vaya a instalar.

En general, se instalarán fuelles a las entradas y salidas de cualquier equipo para evitar la transmisión de vibraciones de los equipos a los conductos o esfuerzos debidos a cargas o dilataciones de los conductos a los equipos.

- Para la protección de las juntas de fuelle de los gases que circulan por el interior de los conductos, se prolongará por el interior del conducto anterior (según la dirección de los gases) y soldado al mismo, una platabanda de un espesor mínimo de 1,5 mm de o material adecuado que deberá solapar con el conducto posterior de forma libre un mínimo de 5 cm en las condiciones más desfavorables de trabajo.
- Para la sujeción de los conductos se diseñarán los soportes teniendo en cuenta las posibles dilataciones, las cargas de peso, viento, nieve, etc, y los puntos de anclaje disponibles a la estructura.
- Una vez montados los conductos y soportes, se procederá con el tratamiento superficial según la Especificación General de Pintura . En caso de que sea de aplicación se procederá también al calorifugado de los conductos según la Especificación General de Aislamiento.

#### 8.6.3.2. Tolerancias.

- Abolladuras en chapa.....≤ 20 mm por metro lineal en cualquier dirección
- Planitud de platabandas de las uniones atornilladas..... ≤ 1 mm entre 100 mm
- Exentricidad de taladros ..... ≤ 1 mm
- Paralelismo entre platabandas en juntas flexibles ..... ≤ 1 %

#### 8.6.3.3. Medios de unión.

Todas las uniones de montaje serán atornilladas, salvo que el proyecto o la Dirección de Obra indiquen lo contrario.

En las uniones atornilladas, los tornillos a emplear cumplirán con las especificaciones de I CTE. La espiga no roscada no será menor que el espesor de la unión más 1 mm, sin alcanzar la superficie exterior de la arandela.

En las uniones con tornillos ordinarios o calibrados, los asientos de las cabezas y tuercas estarán perfectamente planos y limpios.

En todo caso se emplearán arandelas bajo la tuerca y si los tornillos son calibrados también bajo la cabeza.

Si los perfiles a unir son de cara inclinada, se utilizarán arandelas de espesor variable con la cara exterior normal al eje del tornillo.

Deberá quedar, por lo menos, un filete fuera de la tuerca después de apretada.

Entre los medios de fijación provisional pueden utilizarse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas a unir, el número e importancia de los puntos se limitará al mínimo compatible con la inmovilización de las piezas a unir, debiéndose eliminar posteriormente y restituyendo las partes a sus condiciones iniciales.

En caso de realizar soldaduras "in situ", se observarán las mismas normas que para las soldaduras en taller.

#### 8.6.4. Inspección y control.

La Dirección de Obra se reserva el derecho a efectuar tantos controles como estime oportunos, debiéndose facilitar por parte del Contratista tanto los medios de medida como los de acceso a las partes a inspeccionar (escaleras, andamios, etc).

##### 8.6.4.1. Documentos.

El Contratista entregará los documentos siguientes a la Dirección de Obra:

- Planos de montaje de conductos.
- Certificados de los materiales utilizados en las uniones.
- Certificados de materiales de las juntas de dilatación (juntas de fuelle).

## **8.7. Tuberías (vapor, agua, aire comprimido y otros).**

### 8.7.1. Recepción en obras de tuberías.

#### 8.7.1.1. Tuberías prefabricadas en taller.

Las tuberías prefabricadas se recepcionarán en obra acompañadas de los certificados de construcción e irán marcadas de forma clara con la clase de tubería, material e isométrico al que pertenece.

Las tuberías llegarán a obra limpias de herrumbre interior y granalladas e imprimadas por su cara exterior de acuerdo a la Especificación de pintura.

Los tramos de tuberías se almacenarán de forma que se asegure la ausencia de contacto de cada una de ellas con el suelo y se evite el peligro de deformaciones.

Las tuberías prefabricadas llegarán a obra con los extremos tapados, ya sea mediante cartones o mediante chapas que se deberán conservar hasta el momento del izado para montaje, también deberán tener los extremos tapados todas las tuberías que se realicen en obra y deban ser almacenadas en espera de su montaje.

#### 8.7.1.2. Tuberías en longitudes comerciales.

Los tramos de las tuberías recepcionadas en obra en longitudes comerciales, con objeto de su posterior prefabricación deberán llegar, debidamente marcados con los colores y marcas identificativas de material, tipo y clase según prescripciones EN:

- Nombre o marca del fabricante.
- Calidad o denominación del acero.
- Símbolo del tratamiento térmico.
- Dimensiones.
- Sello del inspector, si corresponde.

Se deberán entregar los certificados de fabricación de cada lote al Director de Obra, antes de la descarga.

Los tubos se almacenarán de forma que se impida el contacto con el suelo y, además, de forma independiente para cada una de las calidades. El lugar de almacenamiento será asignado por el Director de Obra.

## 8.7.2. Taller de prefabricación en obra.

Para la prefabricación de tuberías en obra se adecuará un taller, necesariamente cubierto, exento de corrientes de aire perniciosas para la soldadura y suficientemente ventilado para evitar atmósferas insalubres para el personal.

El taller deberá estar dotado de los elementos mínimos e indispensables para llevar a cabo los trabajos, para ello, además de los útiles propios de soldadura, corte, elementos de medida, etc, deberán instalarse estufas para almacenar los electrodos y demás material que requiera temperatura y humedad controlada.

En el interior del taller no podrán instalarse botellas de gas como oxígeno, acetileno o argón, reservándose un espacio en el exterior para tal fin.

## 8.7.3. Personal.

El personal destinado a realizar las uniones soldadas en tuberías deberá poseer, indispensablemente, el "Certificado de Cualificación de Soldador en uniones circulares" según UNE-EN-ISO 9606-1:2014 y para cada uno de los materiales y/o procedimientos de soldadura utilizados en la obra.

Será admisible la utilización de soldadores distintos a los anteriores para realizar la soportación y estructuras de tuberías, siempre que posean la "Calificación para el soldeo de estructuras de acero" según EN-287.

De no poseer homologación específica para los materiales base y de aportación, se deberá realizar la misma, en la propia obra y anteriormente a la realización de cualquier soldadura.

Los certificados de homologación de soldadores y de procedimientos de soldadura serán entregados a la Dirección de Obra, como mínimo una semana antes de iniciar cualquier trabajo de soldadura.

## 8.7.4. Fabricación de tuberías en obra.

### 8.7.4.1. Replanteo de tuberías para soldadura.

- Para las tuberías de DN-65 (2 1/2") de diámetro o superiores, el Contratista dispondrá de isométricos y planos suficientes para su construcción íntegra en taller y en tramos que posteriormente sean de fácil montaje en obra.
- Para las tuberías inferiores a DN-65 (2 1/2"), el Contratista las ejecutará a partir del P&ID y de las circunstancias propias de la obra. Se tendrán en cuenta las consideraciones siguientes:



- . Todos los codos, T, válvulas, tubos, etc, deberán colocarse de forma que puedan desmontarse sin necesidad de hacer obras o desmontar otras tuberías.
- . En todos los puntos deberán poderse apretar y soltar los tornillos de bridas, juntas, etc, con facilidad.
- . En eventuales cruces de tuberías a igual altura no se autorizarán codos hacia abajo, salvo permiso escrito de la Dirección de Obra.
- . El Contratista tendrá entera responsabilidad respecto de las consecuencias directas o indirectas de la presencia de cuerpos extraños de origen mineral u orgánico eventualmente abandonados en la canalización. Cuando el personal deje la obra, las extremidades libres de la conducción habrán de ser cerradas con tapones de plástico herméticos en sus extremidades.
- . Todos los cortes por soplete serán ejecutados mediante dispositivo de guía, se terminarán con muela o lima en todos los casos, para evitar irregularidades incompatibles con la ejecución de la pasada de fondo.
- . No se admitirá el calentamiento de la tubería para remediar defectos de alineación en obra.
- . El tubo será alineado de forma que su eje se confunda con el del precedente y las extremidades a soldar serán mantenidas en su sitio durante el punteo con ayuda de dispositivos apropiados. Estos dispositivos se introducirán preferentemente en el tubo y deberá impedir la ovalización por expansión. No se permitirá ninguna desviación de los bordes superior a 1,2 mm.

#### 8.7.4.2. Preparación de extremos para soldar.

Los bordes de los tubos se biselarán de acuerdo a la norma DIN 17172/78 de forma que:

- Ángulo ..... 30 (+ 5, - 0)° sexagesimales
- Talón..... 1,6 mm ± 0,8 mm
- Separación..... 2 ± 0,5 mm

En lo posible se evitará el uso de aditamentos temporales soldados provisionalmente durante la fabricación. En caso de utilizarse después de completar la fabricación, los aditamentos serán eliminados a nivel del material base y sin rebajar este.

Todas las zonas donde se hayan eliminado aditamentos provisionales serán examinadas después de restaurar la superficie por el mismo método que para el examen de soldaduras permanentes.

### 8.7.4.3. Soldadura.

La soldadura se realizará a tope.

Para el cordón de raíz se utilizará soldadura TIG en todos los casos y el material de aportación será adecuado al material base y del mismo tipo y marca que el utilizado para la homologación del procedimiento de soldadura.

Si es preciso, se exigirá la limpieza interior del tubo metálico pasando una escobilla. Las extremidades calibradas serán verificadas con la ayuda de un tapón calibrado.

El borde de los tubos estará libre de cualquier traza de cuerpos de origen mineral, orgánico u oxidación.

Las tuberías preparadas para soldar serán ejecutadas preferentemente en el día. Si, por cualquier causa, debieran soldarse en días sucesivos, deberán protegerse mediante un encintado con tiras adhesivas.

La fusión del metal de base afectará a todo el espesor de la pared.

No se tolerará ninguna gota de soldadura en el interior de las tuberías.

La penetración de la soldadura será regular, al contrario de las juntas será de débil volumen y su espesor será tal que la suma de su valor y el de la desnivelación eventual de los bordes no podrá exceder de 1,6 mm sobre la superficie interior del tubo.

El cordón de metal depositado no tendrá huecos o surcos laterales.

El sobreespesor de soldaduras no excederá los siguientes valores:

- Espesor del tubo  $\leq 8$  mm .....2,5 mm
- Espesor del tubo entre 8 y 14 mm ..... 3 mm
- Espesor del tubo  $> 14$  mm ..... 4 mm

### 8.7.4.4. Curvado.

El curvado de tubería se hará de acuerdo con el Código AD-Merkblader o ASME.

No obstante, queda restringida la fabricación de tubos curvados en obra a la autorización expresa del Director de Obra y siempre para tuberías menores de DN-50 (2").

Para el curvado se utilizarán herramientas hidráulicas o mecánicas y la temperatura ambiente no será inferior a 16 °C.

El radio de curvatura será como mínimo de cinco veces el diámetro nominal de la tubería.

No se permitirán soldaduras en las zonas de curvatura.

Todas las tuberías curvadas quedarán lisas, libres de grietas y defectos superficiales, sin discontinuidades y tendrán un arco circular. La ovalización permisible, definida como la diferencia entre los diámetros mayor o menor, no será mayor que el 5 % del diámetro nominal.

### 8.7.5. Uniones.

Las uniones podrán realizarse por soldadura, embridadas o roscadas.

Las uniones de tuberías de diámetro superior a DN25 (1") se realizarán normalmente embridadas, entendiéndose que la unión embridada permitida es la de conexasión de la tubería con un accesorio (válvula, medidor de caudal, junta de expansión, etc), siendo las restantes uniones soldadas.

En tuberías de vapor de alta presión y temperatura o que transporte fluidos peligrosos y/o inflamables, se realizarán todas las uniones soldadas.

#### 8.7.5.1. Embridadas.

Las uniones embridadas se realizarán con bridas cuyas características de presión y temperatura se corresponderán como mínimo con las de diseño.

Las bridas serán, sin excepción, con cuello, para soldar a tope y cumplirán con la norma UNE EN 1092 según presión de diseño de la línea.

Entre los trabajos que el Contratista viene obligado a realizar está el montaje de las válvulas de control o placas de orificios suministrados por otros, así como las juntas y medios de sujeción.

Para las juntas entre bridas se utilizarán juntas espirometálicas o de Klingerit, según se detalla a continuación:

Presión de diseño < 16 bar abs. Temperatura de diseño < 200 °C	Klingerit 200
Presiones y temperaturas superiores	Spirometálicas

Las juntas cumplirán con las dimensiones especificadas en la norma UNE EN 1514-1 (para las Klingerit) y con la norma UNE EN 1514-2 (para las spirometálicas).

Los tornillos de unión serán de alta resistencia y cumplirán con las especificaciones de la norma DIN 2507 (tornillos y tuercas para uniones embridadas) y UNE EN 1515.

El diámetro y longitud de los tornillos y tuercas se seleccionarán de acuerdo a la norma UNE EN 1092.

### 8.7.5.2. Roscadas

Las uniones roscadas sólo podrán utilizarse para agua, y con el acuerdo previo y expreso del Director de Obra siempre y cuando no se supere uno de los dos límites siguientes:

- Temperatura..... ≤ 60 °C
- Presión..... ≤ 7 bar abs.

Se instalarán las piezas de unión de tres piezas necesarias para que pueda ser fácilmente desmontable cualquier tramo de tubería.

Para obtener una buena estanqueidad entre uniones deberá utilizarse cinta de teflón.

### 8.7.6. Soportes de tuberías.

En este apartado se establecen las condiciones técnicas requeridas para el suministro y montaje de los soportes necesarios para las tuberías objeto de la especificación.

#### 8.7.6.1. Fabricación.

Los soportes de tuberías llegarán a obra preferentemente terminados y pintados con las capas de imprimación y pintura que le corresponda y sólo a falta de ser atornillados o soldados según el caso.

Para los soportes realizados en obra se aplicarán las mismas normas que para las estructuras metálicas.

#### 8.7.6.2. Montaje.

Para el montaje de soportes de tuberías en obra podrán utilizarse los métodos siguientes:

- Soportes soldados a la estructura.
- Soportes atornillados a la estructura.
- Soportes atornillados a muros, paredes o estructuras de hormigón.

En cuanto a homologación de soldadores, materiales de aportación, tornillos y productos laminados, se aplicará lo dicho para estructuras metálicas.

## 8.7.7. Reparación de defectos en tuberías y soldaduras.

### 8.7.7.1. En tuberías.

No se permitirán más defectos en la recepción de tuberías que los que permita la UNE EN 10216 en su caso para el material recepcionado.

Se considerarán reparaciones importantes en las tuberías las de una profundidad mayor de 1,6 mm o que, una vez descarnados los defectos, den un espesor de pared menor que el requerido por la norma o Código.

Las reparaciones importantes deberán ser notificadas a la Dirección de Obra y no se realizará ningún trabajo hasta que se haya aprobado por escrito el procedimiento de reparación.

### 8.7.7.2. En soldaduras.

Las reparaciones de defectos de soldadura estarán de acuerdo con la UNE EN 13480 o con los procedimientos aprobados por la Dirección de Obra.

En las reparaciones importantes, la Empresa de Inspección y Verificación de soldadura redactará un informe detallado que se entregará a la Dirección de Obra al finalizar la reparación o a requerimiento de la Dirección durante la fase de reparación. Este informe establecerá la naturaleza y situación del defecto, cómo ha sido reparado y el tratamiento térmico posterior. El informe incluirá copias de todos los resultados de los exámenes realizados.

Se considera como reparación importante toda intervención en una soldadura que afecte a más de 1,6 mm de profundidad, cualquiera que sea la longitud afectada.

## 8.7.8. Inspección y control.

En obra, la inspección, control y pruebas de las tuberías se seguirán de acuerdo a los criterios aquí especificados, reservándose la Dirección de Obra el derecho a tomar muestras y realizar los controles que estime oportunos, facilitándole el Contratista los medios necesarios (humanos y materiales).

### 8.7.8.1. Documentos.

El Contratista entregará los siguientes documentos a la Dirección de Obra:

- Planos de montaje o isométricos "As-built" de todas las tuberías incluidas en su suministro.
- Certificados de los materiales utilizados en el montaje de obra como:
  - . Certificados de tuberías según el apartado 7.1.2.

- . Certificados de materiales de soldadura.
- . Certificados de tornillería.
- . Certificados de accesorios (bridas, válvulas, purgadores, manguitos, juntas).
- Homologación de procedimientos de soldadura según norma EN-288 UNE-EN ISO 15607:2004
- Homologación de soldadores según norma UNE-EN ISO 9606-1:2017

El Contratista tiene la obligación de llevar al día un cuaderno de soldadura en el que figurará, como mínimo, lo siguiente:

- El número de soldadura (no podrá designarse un mismo número a dos soldaduras distintas).
- El número de fabricación de los tubos.
- La marca de la soldadura en tubo.
- El número del soldador que ha realizado la soldadura.
- Características de los electrodos o materiales de aporte.
- La fecha de ejecución.
- La fecha de examen o inspección.
- El nombre del inspector.
- La fecha y los resultados de los ensayos gammagráficos, líquidos penetrantes u otros.
- Las longitudes exactas de los elementos tubulares derechos y acodados entre dos soldaduras.

Este cuaderno deberá mostrarse a la Dirección de Obra cada vez que ésta lo requiera.

## 8.7.8.2. Inspecciones y controles aplicables.

### 8.7.8.2.1. Inspección de soldaduras.

El Contratista realizará a su cargo la inspección de las soldaduras de acuerdo con la presente especificación.

Todas las soldaduras están sujetas a los requisitos de inspección visual de la norma UNE EN 13480. Los porcentajes de uniones soldadas, seleccionadas al azar por los inspectores o

supervisores de la Propiedad, sometidas a examen por procedimientos radiográficos y líquidos penetrantes serán los siguientes:

Radiog.	Liq.Pen	Presión de Servicio (bar,a)					
		< 10		10 ≤ x < 40		x ≥ 40	
Material	A106 Gr.B	10%	25%	20%	30%	100%	100%*
	A335 Gr.P11	10%	25%	20%	30%	100%	100%*
	Inoxidable	10%	25%	20%	30%	100%	100%*

En el caso de tuberías de  $DN \leq 1 \frac{1}{2}$  ", cuyas uniones se realizarán íntegramente en socket welding, se ensayarán las soldaduras mediante el método de líquidos penetrantes en los mismos porcentajes que se especifican en la tabla anterior.

(\*)Comprobación del cordón de raíz con líquidos penetrantes en el 100 de las soldaduras de tuberías sometidas a una presión de trabajo igual o superior a 40 bar,a.

En caso de no ser posible la realización del control de calidad de las soldaduras por ensayos radiográficos, la Propiedad, junto con su asistencia técnica, decidirán el tipo de ensayo más idóneo para cada caso, siendo obligación del Contratista poner los medios necesarios para la realización de dichos ensayos.

El trabajo estará controlado por una empresa de inspección homologada cuyo cometido será señalar las uniones a comprobar, realizar las radiografías, analizarlas y presentar los informes a la Propiedad.

Las radiografías se admitirán en el nivel de calidad 2, color azul de la norma UNE-EN ISO 10675-1:2017 vigente.

En caso de rechazo superior al 20% se pasará a un radiografiado total.

Si se obtienen un 10 % de radiografías defectuosas en una jornada de inspección (radiografiado) se doblará el nivel de inspección, si se repite este hecho se realizarán radiografías en un 100 % y se rechazará a los operarios implicados. Los costes adicionales serán a cargo del contratista.

- Los injertos o partes inaccesibles a la radiografía, se ensayarán mediante líquidos penetrantes o partículas magnéticas, incluidas las tuberías inferiores a DN-50 (2").
- Se comprobarán las tolerancias de diámetro exterior, espesores, peso y longitudes según pedido de compras, todo ello cumpliendo con la correspondiente norma ASTM.
- Comprobará la coincidencia de la documentación enviada por el fabricante de los tubos comerciales, con las marcas existentes en ellos.

Todas las soldaduras defectuosas serán examinadas de nuevo radiográficamente después de su reparación.

#### 8.7.8.2.2. Inspección de juntas atornilladas.

Se realizará una inspección visual de un mínimo del 25 % de las juntas, comprobando al mismo tiempo el par de apriete de los tornillos, la existencia de junta y el tipo.

#### 8.7.8.3. Pruebas de estanqueidad y de presión.

Se efectuará una prueba de presión con agua a temperatura ambiente para cada uno de los tipos de tubería o circuitos a la presión de prueba, que será la mayor de:

- $P_T = 1,43 \times P_D$
- $P_T = 1,25 \times P_D \times S_T/S$

Donde:

- $P_T$  = Presión de prueba
- $P_D$  = Presión de diseño. La presión de diseño es la máxima presión de servicio a la que puede estar sometida la tubería o instalación. En caso de estar protegida a través de un válvula de seguridad, la presión de diseño será la presión de tarado de la válvula de seguridad más un 3%,  
 $P_D = P_{PSV} \times 1,03$ .

Para realizar las pruebas de presión o el lavado de tuberías, el Contratista deberá desmontar y luego montar cualquier instrumento susceptible de recibir daños o deterioros y taponar provisionalmente los embranques, uniones (instrumentos, válvulas, etc) o extremidades de tuberías con bridas ciegas provisionales.

#### 8.7.8.4. Procedimientos de control.

##### 8.7.8.4.1. Inspección radiográfica.

Los calificadores de soldaduras, deberán poseer el título de Inspectores para la Calificación de Soldaduras por métodos no destructivos, según UNE EN 13480.

El criterio de aceptación será el de aceptar solamente soldaduras en las tuberías perfectas o buenas (negro o azul) y serán inaceptables los siguientes defectos (según UNE-EN ISO 6520-1:2009)

- Toda grieta falta de fusión o de penetración, cualquiera que sea su longitud.



- Toda indicación lineal cuya longitud sea mayor de 6 mm para espesores de tubos hasta 19 mm y mayor de 1/3 del espesor para espesores de tubos desde 19 hasta 57 mm.
- Todo grupo de indicaciones en línea cuya suma de longitudes sea mayor de un espesor en una longitud de 12 veces el espesor del tubo y la distancia entre dos indicaciones contiguas sea menor que 6 veces la longitud de la indicación más larga del grupo.
- Toda porosidad por encima de la aceptada en el Apéndice IV de la sección VIII del código ASME.

#### 8.7.8.4.2. Inspección con líquidos penetrantes.

Las inspecciones con líquidos penetrantes se efectuarán de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 3452-1:2013 y, siguiendo las recomendaciones del fabricante de los líquidos penetrantes empleados en la inspección, serán inaceptables los siguientes defectos:

- Todas las grietas, cualquiera que sea su longitud.
- Toda indicación lineal cuya longitud sea mayor de 1,5 mm.
- Indicaciones redondas de tamaño superior a 5 mm.
- Cuatro o más indicaciones redondas en líneas separadas entre sí con menos de 1,5 mm de borde a borde.

#### 8.7.8.4.3. Inspección visual.

Los criterios de aceptación serán los siguientes:

- Se considerarán defectuosos y deberán ser reparados mediante esmerilado los cordones de soldadura a tope que presenten sobreespesores superiores a:
  - . Espesor tubo < 25 mm..... Máximo sobreespesor 2,4 mm
- Así mismo, deberán ser reparados los cordones de soldaduras a tope que presenten mordeduras de profundidad superior a 0,8 mm.

#### 8.7.8.4.4. Criterios de aplicación del control.

En caso de duda sobre la bondad de una soldadura por un método de inspección, la Dirección de Obra podrá solicitar una inspección de rango superior.

#### 8.7.8.4.5. Control dimensional.

El Contratista realizará comprobaciones dimensionales de las medidas principales, dimensiones de los cordones de soldadura, paralelismos, taladros, verticalidad, planitud, flechas, etc, comprobando que estén dentro de las tolerancias.

El Contratista emitirá informes con los resultados de estas comprobaciones a la Dirección de Obra.

### 8.7.9. Limpieza de tuberías.

El Contratista deberá efectuar la limpieza de todas las tuberías de su suministro de acuerdo a procedimientos aprobados por la Dirección de Obra, debiendo desmontar y montar a su cargo los instrumentos o aparatos susceptibles de recibir daños o deterioros en tales operaciones, así como proveerse de todos los medios materiales y humanos para su realización.

La limpieza de tuberías deberá realizarse, en primer lugar, mediante un flushing con agua para retirar toda la suciedad que haya podido entrar en la tubería durante el montaje. El vaciado de la tubería después de la prueba hidráulica no se considera como parte de la limpieza. Se volverá a llenar de agua y se procederá a su vaciado comprobando visualmente el color y el contenido en impurezas.

Posteriormente, dependiendo del material de la tubería se procederá a:

- Las tuberías de acero al carbono o de aleación baja e intermedia se someterán a una limpieza química.
- Las tuberías de acero inoxidable se someterán a un desengrasado y pasivado interior.

Las tuberías de aire de soplarán para eliminar cualquier tipo de humedad en el interior de las mismas antes de su puesta en servicio.

En el caso de las tuberías de aceite se realizará un flushing con aceite.