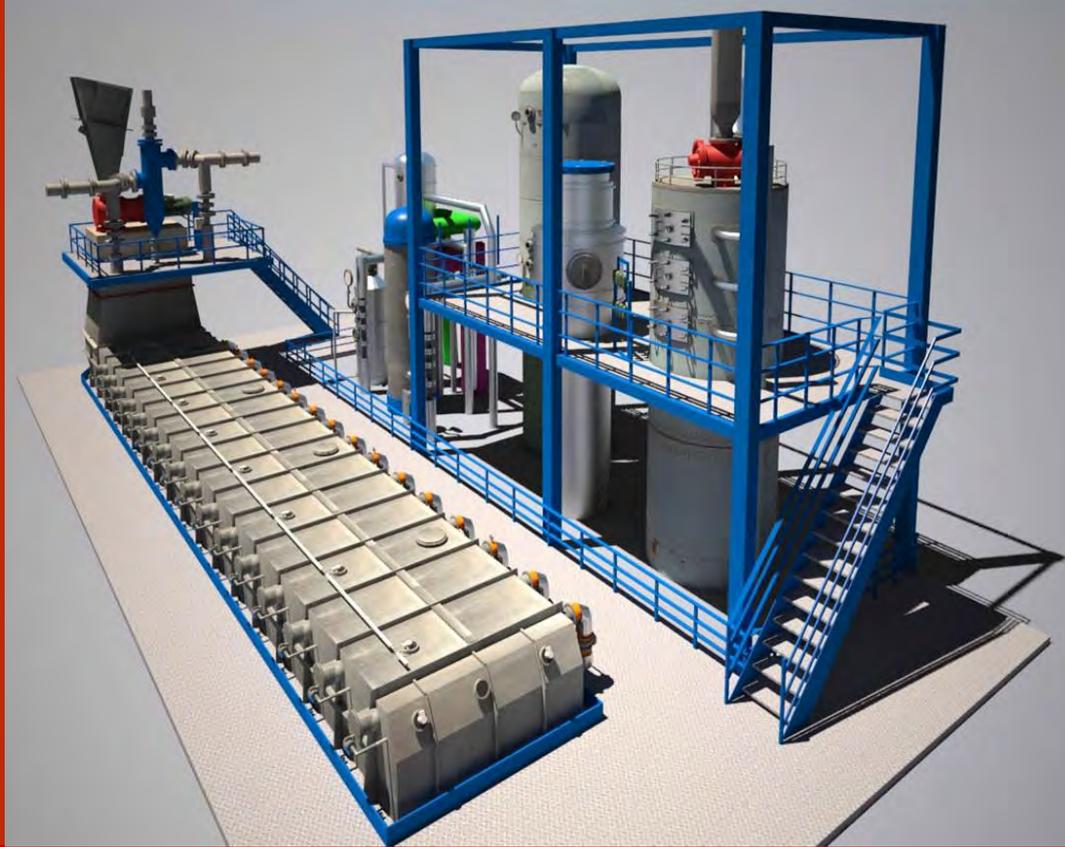


Guía de inspección de equipos eléctricos en zonas clasificadas con riesgo de explosión

GUÍA TÉCNICA ISSGA



XUNTA DE GALICIA

GUÍA DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS EN ZONAS CLASIFICADAS CON RIESGO DE EXPLOSIÓN

GUÍA TÉCNICA ISSGA

XUNTA DE GALICIA
Consellería de Economía, Emprego e Industria
Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral (Issga)
Santiago de Compostela
2016

Edita:

Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral (ISSGA)
Casa da Parra - Praza da Quintana, s/n
Santiago de Compostela
issga.xunta.es
Santiago de Compostela, febrero 2016

Autores:

Juan Manuel Cano Galdón
María Díaz Torres
María Jesús Fernández Alcaide
María de los Ángeles López Ruiz
Emérito Núñez Amado
Mirian Sanjuán Mojeda



© 2015 Juan Manuel Cano Galdón, María Díaz Torres, María Jesús Fernández Alcaide, María de los Ángeles López Ruiz, Emérito Núñez Amado, Mirian Sanjuán Mojeda
Guía de inspección de equipos eléctricos en zonas clasificadas con riesgo de explosión

Esta obra está disponible para a su consulta y descarga en el siguiente enlace:

<http://issga/portal/contido/documentacion/publicacions/>

Esta obra se distribuye con una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de la licencia, visite:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es> ES

*A nuestras familias y a todos
los que han creído en nosotros*

El Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral (Issga) tiene entre sus objetivos prestarle asesoramiento y asistencia técnica a las empresas, con especial atención a las pequeñas y medianas empresas, a las trabajadoras y trabajadores, a las administraciones públicas, a los sindicatos, a las asociaciones empresariales y a los demás agentes económicos y sociales para el mejor cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.

Los sucesivos planes estratégicos de seguridad y salud laboral en Galicia incluyen entre sus objetivos potenciar la formación en materia de prevención de riesgos laborales. Entre las líneas programadas está la capacitación de las personas trabajadoras y del empresariado, y en particular la formación sectorial sobre determinados riesgos o actividades concretas, como la formación de atmósferas explosivas.

La Directiva 1999/92/CE regula la protección de la salud de los trabajadores y trabajadoras expuestas a los riesgos derivados de atmósferas explosivas y el Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, la transpone al derecho español. El Reglamento electrotécnico de baja tensión también dispone determinadas prescripciones en este ámbito.

Esta normativa establece, entre otras, la obligación de elaborar un documento de protección contra explosiones y de clasificar en zonas las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas.

En este marco surge la colaboración entre este Instituto y Fremap para la elaboración y divulgación de este documento.

Uno de los aspectos fundamentales de esta publicación que quisiera reseñar es la experiencia y el reconocido prestigio del autor así como su implicación personal en hacer efectivo el derecho a la protección de la salud y seguridad de los trabajadores y trabajadoras.

Mi agradecimiento a Fremap y en especial al personal de su equipo Atex por trabajar junto al Issga para poner a disposición de los profesionales en la materia una herramienta que sirve como guía para las inspecciones iniciales y periódicas que se deben realizar de equipos eléctricos en zonas clasificadas con riesgo de explosión, siempre con el fin de la protección de la salud y seguridad de los trabajadores y trabajadoras que pudieran verse expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Adela Quinzá-Torroja García
Directora del Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral (Issga)

ÍNDICE

	Página
Preámbulo	11
1.- Introducción	13
2.- Tipos de inspección	19
3.- Modos de protección analizados	23
3.1.- Envolverte antideflagrante	25
3.2.- Seguridad aumentada	26
3.3.- Modo "n"	28
3.4.- Protección por envolverte	30
3.5.- Seguridad intrínseca	31
3.6.- Presurización	32
3.7.- Encapsulado	36
3.8.- Relleno pulverulento	38
3.9.- Protección radiación óptica	39
3.10.- Inmersión en aceite	40
4.- Listas de chequeo para los modos de protección:	43
Envolverte antideflagrante	
Seguridad aumentada	
Protección por envolverte	
Modo "n"	
Encapsulado	
Relleno pulverulento	
Protección radiación óptica	
5.- Lista de chequeo para el modo de protección:	97
Seguridad intrínseca	
6.- Lista de chequeo para el modo de protección:	121
Presurización	
7.- Bibliografía	139



PREÁMBULO

Tal vez el secreto mejor guardado es el que conoce todo el mundo y muchas veces, es cierto, a pesar de conocerlo y saber que lo conocen los demás, procuramos evitar que trascienda mucho más allá de que lo sepan aquellos a quienes no les importa nada.

Un buen día, al finalizar uno de nuestros talleres alguien sugirió, en esas encuestas que pasamos al final, que sería bueno que la parte de inspección de instalaciones de la que hablamos en el documento de protección contra explosiones la pudiéramos desarrollar en otro taller.

Para nuestro equipo las sugerencias suponen que tenemos que intentar que aquellos secretos que solo conocen unos pocos, al final los conozca todo el mundo. Es fácil, sólo hay que leerse algunas Normas UNE EN (unas 150 más o menos si incluimos las de instalaciones específicas).

Otro día, comentando el taller que teníamos previsto organizar sobre inspección de instalaciones, alguien nos dijo que como complemento sería bueno realizar una visita para una inspección en una instalación real.

Y así se nos ocurrió elaborar un video virtual sobre una instalación real, para poder llevar a cabo la parte práctica del taller. 2000 fotos de las instalaciones de la Cooperativa San Miguel de Villanueva del Arzobispo, de equipos fabricados por R.STHAL, VEGA, ABB, de fallos detectados en nuestras visitas, las manos de Daniel Ortiz (Dharma) y por supuesto nuestra empresa FREMAP, Mutua de Accidentes, hicieron el resto.

Y otra sugerencia más, en otro curso, trajo consigo la elaboración de esta guía (Guía Técnica del ISSGA) que a continuación vamos a desarrollar. Eso es lo que traen las sugerencias y de eso tengo una experiencia previa importante.

Agradecemos, por tanto, a Jacobo (FINSA), a Laura y Oswaldo (DOW CHEMICAL) las sugerencias realizadas en este tiempo y, por supuesto, a quien va a hacer público este trabajo, el Instituto Galego de Seguridade e Saúde Laboral (Issga).

Emérito Núñez Amado
Coordinador del equipo ATEX FREMAP



1.- Introducción





La garantía de seguridad para los usuarios de las instalaciones viene dada por el correcto montaje, mantenimiento y reparación y, especialmente, por la revisión, tanto inicial como periódica, de las instalaciones y equipos de trabajo.

Como parte del desarrollo de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales aparece publicado en el Boletín Oficial del Estado de 7 de agosto de 1997 el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Dicha norma, y concretamente su artículo 4, hace referencia a las comprobaciones que necesariamente hay que hacer sobre los equipos de trabajo, entendiendo como tal "cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo".

También hace referencia dicho artículo, en el punto 5, a que "los requisitos y condiciones de las comprobaciones de los equipos de trabajo se ajustarán a lo dispuesto en la normativa específica que les sea de aplicación."

Existen diferentes normas, como el Reglamento de aparatos de gas, el de equipos a presión o el Reglamento electrotécnico de baja tensión (en adelante REBT), donde se hace referencia tanto al contenido de la inspección periódica, como a la periodicidad de las mismas. Así, el REBT establece la obligación del usuario de realizar una inspección inicial por parte de un organismo de control de la Administración a aquellas instalaciones afectadas por la ITC BT 05 y, posteriormente, una inspección periódica cada 5 años.

Los criterios y los puntos a revisar en esas inspecciones, aparecen reflejados en los capítulos 61 y 62 del documento armonizado UNE-HD 60364-6:2009 Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 6: Verificación, que es el que sustituye a la Norma UNE 20460-6-61 desde el 1 de septiembre de 2009 y que aparece en el REBT ITC BT 05 como de obligado cumplimiento.

Por otra parte, la ITC BT 29 (punto 6.1), nos dice que las inspecciones de los locales con riesgo de incendio o explosión "se realizarán según lo establecido en la Norma UNE EN 60079-17", aclarando la guía de interpretación del citado reglamento que "no deben confundirse las inspecciones contempladas en esta Norma con las inspecciones prescritas en la ITC BT 05" que este documento denomina "inspecciones administrativas".

Por tanto, debe quedar claro que la inspección inicial o periódica de la que estamos hablando no guarda relación con la que conocemos como "inspección

inicial y periódica del reglamento”, ni en el objetivo, ni en su periodicidad, ni en los aspectos de la instalación o los equipos a revisar.

El objetivo de esta guía es aclarar al usuario de las instalaciones todo lo concerniente a estas inspecciones iniciales y periódicas desde el punto de vista de las Normas UNE EN que aparecen en el REBT y que, por tanto, no son “consejos” de cómo realizar una inspección, sino obligaciones que tendrá muy presentes ya que en caso contrario, podría suponer un incumplimiento de la normativa tanto industrial como de prevención de riesgos laborales.

En el desarrollo de esta guía vamos a explicar el fundamento constructivo de los diferentes modos de protección y los aspectos a tener en cuenta en una inspección de tipo detallado, cercano y visual, para cada uno de los modos de protección que aparecen en la UNE EN 60079-17 (en lo sucesivo “la norma”).

El Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, considera dos grandes grupos de aparatos en función de su utilización en ambientes en el interior de minas o en el exterior, cuando en ambas situaciones exista la presencia de polvo combustible y grisú, o bien en los lugares, en situaciones diferentes de las anteriores, en los que pueda generarse una atmósfera explosiva.

Esta clasificación ha venido siendo aceptada de forma habitual, englobándose dentro del segundo grupo de aparatos (II) todos aquellos equipos aptos para trabajar tanto en presencia de gases y vapores, como en presencia de polvo o fibras combustibles.

La aparición de la Norma UNE-EN 60079-14 en octubre del año 2010 (en vigor desde julio de 2011), de la Norma UNE-EN 60079-0 en junio de 2011, cuya aplicación será efectiva a partir del 1 de junio de 2012 y el erratum UNE-EN 60079-14:2010/AC publicado en enero de 2012, que deroga la Norma UNE-EN 61241-14, provoca una nueva clasificación más acorde con el riesgo que generan las diferentes instalaciones donde se generan atmósferas inflamables.

Mantiene por una parte, el mismo grupo para los equipos utilizados en minería, pero introduce una variación en los que se pueden ubicar en situaciones diferentes de esta, de tal forma que hace una distinción entre equipos aptos para trabajar en presencia de gases y vapores y los ubicados en ambientes con presencia de polvo o fibras combustibles.

Este agrupamiento, resulta más lógico, puesto que si por una parte, los equipos para trabajar en presencia de gases y vapores se subdividían a su vez en los grupos IIA, IIB y IIC, en función al valor del intersticio máximo experimental



de seguridad (IEMS) y de la corriente mínima de ignición (CMI) que presentaba cada gas y de acuerdo a los criterios que aparecen en las Normas UNE-EN 60079-20-1 y IEC 60079-12, resulta también más racional que, parámetros que puedan intervenir en la peligrosidad de las sustancias en forma de polvo o en forma de fibra, como puede ser su conductividad o su presencia en forma de nube, requieran de otro tipo de clasificación.

Así, al igual que en el primer caso, se procede a dividir en tres subgrupos las sustancias en forma de polvo, según se trate de partículas en suspensión (IIIA), (independientemente de su conductividad), sustancias de naturaleza no conductora (IIIB) o por el contrario que se trate de polvo conductor (IIIC), de tal forma que las sustancias englobadas en el subgrupo IIIC tendrían una mayor peligrosidad que las del grupo IIIB y a su vez estas, más que las del IIIA

Los "ítems" de verificación los hemos agrupado según la norma, ya que hay algunos apartados que son comunes a los diferentes modos de protección y sólo hay algunas salvedades que especificamos en cada uno de los puntos.

La norma establece que para algunos modos de protección de equipos eléctricos (encapsulado, inmersión en aceite, relleno pulverulento o protección para radiación óptica), habría que establecer una tabla específica de revisión similar a la del apartado 4 de esta guía, aunque con la salvedad de que alguno de estos equipos no permiten su apertura para la inspección por parte de alguien ajeno al fabricante del equipo. Por ello, algunos de los "ítems" de los modos encapsulado y relleno pulverulento no admiten la inspección detallada o cercana, que podría implicar esta acción sobre la envolvente.

Se han incorporado, en base a lo anterior, los "ítems" que entendemos serían de aplicación a estos modos de protección, con los matices que se establecen para cada uno de ellos, con la salvedad de los equipos eléctricos protegidos por inmersión en aceite, dado que el 20 de febrero de 2015 se publicó la 4ª edición de la Norma IEC 60079-6, donde figura la revisión específica de este modo.

Como próximamente aparecerá como Norma UNE EN no hemos estimado conveniente incluirlo en la tabla de revisión.

2.- Tipos de inspección





La forma más adecuada de conocer lo que implica cada uno de los diferentes tipos de inspección que podemos llevar a cabo en estas instalaciones sería hacer referencia a lo que aparece en la norma.

Cuando nos habla de inspección, la define como *“la acción que comprende una revisión cuidadosa de un elemento de la instalación llevada a cabo sin desmantelamiento o con desmantelamientos parciales cuando se requiera, complementada con medios, como mediciones, con el objeto de llegar a una conclusión fiable sobre la condición de un elemento.”*

Dentro de los tipos de inspección que podemos llevar a cabo tendríamos las siguientes posibilidades:

- **Inspección visual:** inspección que identifica, sin el uso de equipamiento de acceso o herramientas, aquellos defectos que serán evidentes a la vista, por ejemplo la falta de un tornillo.
- **Inspección cercana:** inspección que abarca aquellos aspectos cubiertos mediante una inspección visual y, además, identifica aquellos defectos que son evidentes solamente con el uso de equipamiento de acceso, por ejemplo tornillos flojos.
- **Inspección detallada:** inspección que abarca aquellos aspectos cubiertos mediante una inspección cercana y, además, identifica aquellos defectos que sólo se hacen evidentes con la apertura de envolventes y/o con el uso, cuando sea necesario, de herramientas y equipos ensayo por ejemplo conexiones flojas.
- **Supervisión continua:** atención, verificación, servicio, cuidado y mantenimiento frecuentes de la instalación eléctrica por personal cualificado que tenga experiencia en esta instalación en particular y de su entorno, con el fin de mantener en un estado satisfactorio las características de protección contra explosiones de la instalación.

En la norma, y dependiendo del tipo de inspección, tendremos que analizar una serie de “ítems” que, en algún caso, implicarán la apertura de envolventes. También tendremos en cuenta que, en función del momento de la inspección (puesta en marcha, reparación de equipos, etc.), la norma nos dice cual es el tipo que procede, de tal forma que haremos una inspección detallada en el momento de hacer un ajuste, mantenimiento, reparación, reconstrucción, modificación o sustitución. En el caso de inspecciones iniciales, estas serán de tipo detallado.

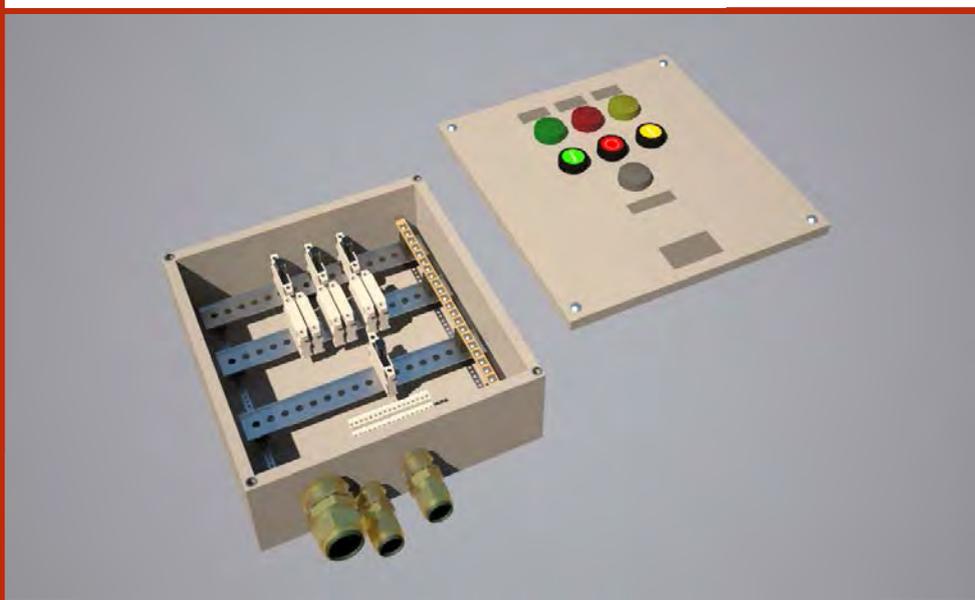


El formato de supervisión continua incluye la inspección visual o cercana, además de una inspección inicial e inspecciones periódicas por muestreo (que pueden ser detalladas, cercanas o visuales).

El esquema de inspecciones en una planta existente sería el de una inspección de todos los equipos con un grado cercano o, si se hace sobre una muestra, con un grado detallado.

En las sucesivas inspecciones, si se trata de todos los equipos, iríamos a un grado cercano si hay componentes capaces de provocar arcos o chispas, o a un grado visual si no hay componentes capaces de provocar esas chispas. En el caso de inspecciones sucesivas por muestreo, seguiríamos con un grado detallado.

3.- Modos de protección analizados





3.1.- ENVOLVENTE ANTIDFLAGRANTE (UNE EN 60079-1)

Modo Constructivo: Confinamiento
Ámbito de aplicación: Gases

Con el modo constructivo de confinamiento los equipos que pueden entrar en contacto con una atmósfera explosiva e inflamarla están encerrados en el interior de una carcasa que será capaz de resistir, sin deformación permanente, la presión producida en la explosión y evitará la transmisión de la misma hacia el exterior.

Este modo de protección puede utilizarse en zonas clasificadas 1 y 2.

Al tratarse de una envolvente no estanca, se deberán tener en cuenta todas las superficies de contacto de la envolvente, ya que pueden ser caminos de salida hacia el exterior de la llama o de gases calientes derivados de la explosión. A todo ello se le denomina junta antideflagrante o recorrido de llama.

Según la EN 60079-1:2015 también se tendrá en cuenta:

- La longitud de junta antideflagrante, L: El camino más corto a través de una junta antideflagrante entre el interior y el exterior de una envolvente. Debe ser suficiente para enfriar los resultados de la explosión, con el fin de evitar la ignición de una atmósfera inflamable externa al recinto.
- El intersticio de junta antideflagrante, i: la distancia entre las superficies correspondientes de una junta antideflagrante, cuando la envolvente del aparato eléctrico ha sido montado.
- El intersticio experimental máximo de seguridad, IEMS: El mayor intersticio de una junta de 25 mm de longitud que impide la transmisión de la llama.

Cuanto mayor sea el volumen de la envolvente, mayor es la cantidad de gas o vapor inflamable capaz de acumular en ella, mayor será la longitud de junta requerida y menor el intersticio permitido.

Este tipo de equipos no requieren de mantenimiento especial, sólo una limpieza de las juntas, evitando utilizar utensilios que pueden dañarlas y protegiéndolas posteriormente mediante grasas adecuadas, permitiendo así que su uso sea seguro.



3.2.- SEGURIDAD AUMENTADA (UNE EN 60079-7)

Modo Constructivo: Limitación de energía
Ámbito de aplicación: Gases

Los aparatos eléctricos contruidos con el modo de protección de seguridad aumentada 'e', se distinguen por el hecho de que su diseño impide la generación de chispas que puedan ser fuente de ignición durante su funcionamiento normal. Por tanto se construyen con el fundamento de limitación de energía.

Para ello se construirán con un mayor grado de seguridad en comparación con aparatos eléctricos convencionales. Además, el diseño de dichos aparatos impide que las partes en el interior de la envolvente y en la superficie externa de la misma, alcancen temperaturas que puedan superar la temperatura de ignición de cualquier atmósfera inflamable que pueda estar presente, o bien, que puedan deteriorar los distintos materiales, pudiendo aparecer otras fuentes de ignición.

El estándar Ex 'e', específicamente no permite la inclusión de contactos discontinuos. Los interruptores y mecanismos de conmutación no están permitidos en este concepto de protección, de manera que no puedan aparecer chispas con suficiente energía como para producir la ignición de la mezcla.

La única posible fuente de ignición que debemos considerar, por tanto, son las superficies calientes. Las mismas precauciones tomadas para eliminar la posibilidad de chispas también ayudan a reducir el aumento de temperatura en partes con corriente. Para ello se sobredimensionan los distintos componentes o se utilizan piezas o materiales de calidad superior al estándar, que están convenientemente ensayadas. De esta manera se aumenta la disipación de calor, reduciendo el consecuente aumento de temperatura.

Estos objetivos de protección se alcanzan, principalmente, mediante la aplicación de los siguientes principios:

- Las envolventes están diseñadas de tal manera que se impide la entrada de humedad y suciedad en cantidades peligrosas. La clase de protección mínima exigible debe ser IP 54. Las envolventes se construirán con una resistencia mecánica que pueda soportar las duras condiciones de funcionamiento típicas de una planta industrial. Se garantizará la protección mínima estándar IP 54 incluso bajo severas fuerzas mecánicas externas.
- Internamente las distancias de separación y fuga también tienen que estar sobredimensionadas con respecto al estándar, de manera que incluso bajo condiciones ambientales hostiles, no ocurran cortocircuitos mediante rutas

de fuga o arcos eléctricos. Estas distancias se dimensionarán en función de la corriente del circuito.

- Los bornes de conexión eléctrica estarán diseñados de tal manera que no sea posible que los cables conectados a ellos puedan soltarse.
- El dimensionamiento de los aparatos en términos eléctricos (sección de conductores, distancias entre conductores, etc.) asegura que no aparezcan temperaturas inadmisibles, tanto en el interior como en la superficie de la envolvente.



3.3.- MODO "n" (UNE EN 60079-15)

Modo Constructivo: **Varios**
Ámbito de aplicación: **Gases**

El modo "n", que proporciona un EPL Gc y por tanto es válido únicamente para zonas 2, engloba diferentes modos de protección que responden a fundamentos constructivos diferentes y es aplicable al material eléctrico cuya tensión asignada no supere los 15 kV.

Los diferentes modos "n" que contempla la Norma UNE EN-60079-15 son:

Dispositivo sin formación de chispas: nA

Los dispositivos con este modo de protección, que responde al fundamento constructivo de limitación de energía, están contruidos para que no se formen arcos o chispas en funcionamiento normal.

Dispositivos y componentes "nC"

Material que produce chispas en el que los contactos están protegidos de alguna manera que no sea limitación de energía ni respiración restringida.

Dentro del modo "nC" se distinguen:

- **Dispositivo de corte blindado "nC"**

Este modo de protección responde al fundamento constructivo de confinamiento. Los dispositivos incorporan contactos eléctricos de apertura y cierre, pero si se produce una explosión en el interior del dispositivo porque el gas inflamable pueda entra en él, es capaz de soportar los efectos sin sufrir daños y sin transmitir la explosión al exterior.

- **Dispositivo herméticamente sellado "nC"**

El fundamento constructivo es prevención- separación. Se impide la entrada al dispositivo de la atmósfera inflamable exterior mediante un sellado por fusión.

- **Componente no incendiario "nC"**

El fundamento constructivo es prevención- separación. El componente tiene contactos de apertura y cierre de circuitos y la envolvente no impide la entrada de una atmósfera inflamable exterior ni es capaz de soportar los efectos de una

explosión, sin embargo el mecanismo de apertura y cierre está mecánicamente diseñado para que apague cualquier arco o chispa, evitando así ser fuente de ignición.

- **Dispositivo sellado "nC"**

El fundamento constructivo es prevención-separación. El dispositivo está construido para que no pueda abrirse durante el servicio normal y está eficazmente sellado para impedir la entrada de una atmósfera inflamable exterior.

Envolvente de respiración restringida "nR"

El fundamento constructivo es prevención-separación. La envolvente limita la entrada de una atmósfera exterior inflamable al interior de la misma, de tal manera que no se alcancen en el interior concentraciones de gas peligrosas.

Nota: la Norma UNE EN 60079-14-2008 contemplaba otro sub-modo más, "nL", que ha sido sustituido por el modo "ic" de seguridad intrínseca puesto que es el mismo fundamento constructivo y proporciona el mismo nivel de protección.



3.4.- PROTECCIÓN POR ENVOLVENTE (UNE EN 60079-31)

Modo constructivo: **Prevención-separación**
Ámbito de aplicación: **Polvo**

Este modo de protección, válido para atmósferas explosivas por presencia de polvo, cumplirá las condiciones siguientes:

- Impedir la entrada de polvo a la envolvente del material, o al menos, impedir que lo haga en cantidad suficiente como para que en el interior de la misma se alcance la concentración mínima explosiva.
- Limitar las temperaturas superficiales.

La primera de las condiciones se consigue dotando a la envolvente de un IP que dependerá del nivel de protección requerido, en función del tipo zona y de la clase de polvo, según la tabla que se muestra a continuación:

Nivel de protección	IIC	IIIB	IIIA
"ta"	IP 6X	IP 6X	IP 6X
"tb"	IP 6X	IP 6X	IP 5X
"tc"	IP 6X	IP 5X	IP 5X

La segunda condición se cumple proporcionando un dispositivo de protección térmica integral, externo o integrado directamente al equipo, que no debe ser autorrearmable y estará duplicado (salvo si cumple con las Normas UNE EN 60127 o UNE EN 60691). Alternativamente, si se demuestra que se puede utilizar un dispositivo de protección contra sobrecorrientes de corriente para proporcionar protección térmica, y siempre que cumpla con la Norma UNE EN 60127, puede utilizarse este para combinar las dos protecciones (sobrecorriente y aumento de temperatura).

3.5.- SEGURIDAD INTRÍNSECA (UNE EN 60079-11)

Modo constructivo: Limitación de energía
Ámbito de aplicación: Gases y polvo

Con este modo de protección se limita la energía a la que se somete al material que se va a ubicar en la zona clasificada.

Podemos definir la seguridad intrínseca como un sistema en el que cualquier chispa o efecto térmico generado durante el funcionamiento normal o en condiciones de fallos específicas, es incapaz de causar la ignición.

Esta limitación de energía se consigue a través de lo que conocemos como material asociado (habitualmente situado fuera de la zona clasificada) que básicamente, son barreras de diodos Zener o interfaces de aislamiento, también conocidas como aisladores galvánicos.

El objetivo de dichos elementos es conseguir que en los bornes de salida de estos queden limitados los valores de voltaje e intensidad por debajo de los característicos del equipo que vamos a colocar en la zona clasificada. Hay que tener en cuenta también los valores de inductancia y capacitancia, tanto del equipo de seguridad intrínseca como del cableado que lo une a la barrera o aislador galvánico, de tal manera que:

- La suma de los valores de inductancia del equipo y del cableado será menor que la inductancia proporcionada por el material asociado.
- La suma de los valores de capacitancia del equipo y del cableado, será menor que la capacitancia proporcionada por el material asociado.

Todos estos parámetros son los que conocemos como parámetros de entidad del sistema.

El método utilizado para conocer las combinaciones aceptables del material de seguridad intrínseca y material asociado a partir de los parámetros de seguridad intrínseca asignados a los bornes de conexión, es lo que conocemos como concepto de entidad.

Hay determinados equipos en los que sus parámetros de entidad de tensión, intensidad y potencia no superan los valores de 1.2 V, 100 mA y 25 mW, y por tanto no necesitan marcado, pero cumplirán con los requisitos de la Norma UNE EN 60079-11. Es lo que conocemos como material simple.

Cuando el material simple forma parte de un material que contiene otros circuitos eléctricos el conjunto se evaluará en conformidad a los requisitos de esta Norma.



3.6.- PRESURIZACIÓN (UNE EN 60079-2)

Modo Constructivo: Prevención- Separación
Ámbito de aplicación: Gases y Polvo

Los aparatos protegidos mediante presurización se utilizaban inicialmente como una técnica que permitía la instalación de un equipo en una zona clasificada, ya que su fundamento de protección depende de instalaciones y parámetros externos al diseño del equipo: sistema de presurización, conducciones y dispositivos de control.

Esta técnica se estandarizó como un modo de protección mediante la norma IEC 60079-2 (actual Norma UNE EN), ya que daba solución a muchos equipos que no podían ser protegidos mediante otro modo constructivo.

La sobrepresión se mantiene en la envolvente mediante 3 técnicas diferentes y distintas posibilidades de gas de protección (aire o gas inerte), en función de si existe o no, fuente de escape en el interior de la envolvente, bien sea de forma continua o en caso de fallo, eligiendo una de las técnicas de presurización según el siguiente cuadro:

TIPO DE ESCAPE EN EL INTERIOR DE LA ENVOLVENTE	ESTÁTICA		COMPENSACIÓN DE FUGAS		DILUCIÓN CONTINUA	
	AIRE	GAS INERTE	AIRE	GAS INERTE	AIRE	GAS INERTE
Sin escape	No	Si	Si	Si	Si	Si
Escape de gas en funcionamiento normal	No	No	No	No	Si	Si
Escape de gas en caso de fallo	No	No	No	Si	Si	Si
Escape de líquido en caso de fallo	No	No	No	Si	No	Si

El escape de líquido en funcionamiento normal no permite la utilización de esta técnica, ya que no se puede cuantificar la fuga porque no conocemos la tasa de evaporación del líquido, que va a depender de muchos factores.

Los diferentes sistemas son válidos para zona 1 o zona 2 en función de distintos dispositivos de seguridad que proporcionarán el nivel de protección

necesario. Para una zona 1 siempre será necesario que el equipo se desconecte del sistema eléctrico en caso de fallo de presurización.

Métodos de presurización:

1. PRESURIZACIÓN ESTÁTICA

El equipo se presuriza fuera de la zona clasificada, siendo el sellado de la envolvente el responsable de mantener la presión interna, que no será inferior a 50 Pa. Esta técnica se utiliza para equipos instalados dentro de recipientes, tuberías o similares donde no es posible utilizar un sistema de presurización con un aporte continuo de gas de protección.

La presurización se realiza con un gas inerte y se utiliza exclusivamente cuando no existe fuga de sustancia inflamable en el interior del equipo.

Llevará un dispositivo indicador de presión fuera de la envolvente, por lo que tiene que estar protegido por otro modo de protección (por ejemplo envolvente antideflagrante o seguridad intrínseca).

2. PRESURIZACIÓN CON COMPENSACION DE FUGAS

Esta técnica utiliza un suministro permanente de gas de protección para compensar las posibles pérdidas de presión por fugas.

2.1. Aire

Se permite el uso de aire cuando no existe fuente de escape de sustancia inflamable en el interior, ya que la envolvente contiene suficiente oxígeno para sostener la combustión.

El aporte de aire puede ser mediante aire comprimido o con un sistema de ventilador accionado.

2.2. Gas inerte

Se puede utilizar en las mismas circunstancias que la presurización con aire y además cuando hay un escape de sustancia inflamable en el interior, siempre que la emisión no sea deliberada o en funcionamiento normal.

La fuga tiene que estar controlada, de forma que se pueda cuantificar un límite máximo de emisión.



3. PRESURIZACIÓN CON DILUCIÓN CONTINUA

Esta técnica se utiliza cuando se necesita un flujo continuo de gas para diluir fuentes de escape en el interior de la envolvente, manteniendo una sobrepresión determinada.

El purgado es la operación más representativa de este sistema, consistente en pasar el gas de protección a través de la envolvente y las canalizaciones hasta asegurar la correcta presurización del equipo antes de la puesta en tensión o en caso de fallo de presurización. El tiempo y caudal de purgado será controlado por la unidad de presurización y otros dispositivos de seguridad en función del modo de presurización.

3.1. Aire

La dilución con aire se puede hacer con una fuente de aire comprimido o con un sistema de ventilador accionado, permitiendo esto último la entrada de personas.

La técnica se utiliza para escapes limitados de gas en el interior de la envolvente, tanto en funcionamiento normal como en caso de fallo.

El flujo de aire tiene que ser suficiente para diluir el escape interno por debajo del 25 % del LIE y mantener la sobrepresión en la envolvente y conducciones.

Si el LSE de la sustancia inflamable es superior al 80 %, sólo se puede utilizar esta técnica.

3.2. Gas inerte

Se utiliza para escapes de sustancia inflamable en forma de gas, tanto en funcionamiento normal como en caso de fallo, y escapes de líquido inflamable en caso de fallo. No pueden entrar personas por el riesgo de asfixia.

La dilución será suficiente para que el contenido en oxígeno en el interior de la envolvente este por debajo del 2 %.

No se puede utilizar este sistema para los gases más inestables, como el acetileno, con LSE superior al 80 %, en los que la presencia de una pequeña cantidad de oxígeno es suficiente para la ignición.

MODO DE PROTECCION POR PRESURIZACION PARA POLVO pD

La Norma UNE EN 61241-4 desarrolla los requisitos sobre el diseño del modo de protección por presurización para presencia de polvo inflamable.

En este caso no se contempla la posibilidad de una fuente de emisión de polvo dentro de la envolvente.

Las 3 técnicas de presurización posibles son las mismas que para gases y vapores, manteniendo un mínimo de sobrepresión de 50 Pa dentro de la envolvente y sus conductos asociados.

Es necesaria una limpieza mecánica del polvo acumulado en el interior de la envolvente antes de realizar el purgado y presurización.

La actualización de la norma, publicada en septiembre de 2015, incluye algunas modificaciones, siendo de especial interés las siguientes:

- Sustituye a las Normas EN 60079-2:2007 y EN 61241-4:2006 sobre presurización para polvo, por lo que desaparece la nomenclatura pD que pasa a llamarse p para Grupo III.
- Se revisan los modos px, py y pz para reflejar los niveles de protección, cambiando la nomenclatura a pxb, pyb y pzc.

SALAS PRESURIZADAS (UNE EN 60079-13)

Las salas presurizadas, cuyos requisitos se desarrollan en la Norma UNE EN 60079-13:2010, permiten el acceso de personas manteniendo dentro un gas protector a una presión de 25 Pa, protegiendo de los efectos de un escape de sustancia inflamable en el interior o protegiendo las fuentes de ignición en una zona clasificada.

Además de los modos "px", "py" y "pz", se incluye el modo "pv", en el que la protección de la fuente de escape interna es por dilución, estando la sala ubicada en zona no clasificada.



3.7.- ENCAPSULADO (UNE EN 60079-18)

Modo Constructivo: **Prevención- Separación**
Ámbito de aplicación: **Gases y Polvo**

El encapsulado es un modo de protección construido mediante la separación de la fuente de ignición de la atmósfera inflamable.

El sistema consiste en que todas las partes que son capaces de inflamar la mezcla están encerradas en un compuesto, de tal manera que evita la inflamación de la capa de polvo o la mezcla inflamable en condiciones de funcionamiento.

El compuesto puede ser resina epoxi o material elastómero, termoendurecible o termoplástico.

La limitación de temperatura se puede conseguir mediante un dispositivo, interno o externo, que puede ser eléctrico o térmico.

En el caso de que se haga uso de fusibles, éstos tendrán una tensión asignada no menor que la del circuito donde estén instalados y el poder de corte no será inferior a $1.7 \times I_n$. En cualquier caso, se garantizará que no se supere la temperatura de funcionamiento continuo del compuesto (COT), la clase de temperatura para atmósferas de gas explosivas o la temperatura superficial en grados centígrados para polvo.

Para el nivel de protección "ma" se requieren dos dispositivos de protección eléctrica y uno para el nivel "mb"

Los dispositivos de seguridad térmicos se utilizan para proteger el compuesto de los daños causados por el calentamiento local. Serán del tipo no rearmables para el nivel "ma" y es necesario conseguir un buen acoplamiento entre el dispositivo que controla el equipo y el de control térmico.

En el caso del nivel "mb" se requieren dos dispositivos acoplados en serie y uno sólo para el nivel "mc"

Cuando un equipo encapsulado se vaya a exponer a humedad y no se haya realizado el ensayo de exposición a este ambiente, el equipo se marcará con la letra "X", especificando el fabricante las restricciones de uso en la documentación.

Si para la seguridad del equipo encapsulado fuera necesario un dispositivo de protección eléctrica externo, aparecerá en el certificado y se marcará el equipo de acuerdo a los requisitos de las condiciones específicas de uso.



3.8.- RELLENO PULVERULENTO (UNE EN 60079-5)

Modo Constructivo: Prevención- Separación

Ámbito de aplicación: Gases

Este modo de protección consiste en fijar las partes susceptibles de provocar la inflamación y rodearla de un material de relleno, que puede ser cuarzo o vidrio, cuyo tamaño sea inferior a 1 mm.

La envolvente, además, tendrá una cifra IP que irá en función de la ubicación del material.

Cuando el material con relleno pulverulento tenga un IP 43, debido a que está ubicado en un recinto seco y limpio, en el marcado aparecerá el símbolo "X" y se indicarán las condiciones específicas para su utilización.

El relleno se hace en la fabricación y son equipos que habitualmente vienen sellados, no permitiéndose su apertura para la reparación.

El material debe estar protegido contra sobrecargas, de tal forma que la temperatura límite permisible no se exceda en la pared de la envolvente.

Esta limitación de la temperatura haciendo uso de un sólo fusible, a veces no es efectiva y puede ser necesario un dispositivo interno de protección térmica. Se entiende que esto es así cuando el calibre del fusible sobrepase en un 170 % la corriente normal máxima.

Cuando el fusible no está integrado en el material eléctrico, en el marcado de este aparecerá la letra "X" y se detallarán las condiciones específicas de uso del fusible requerido. En este caso, el fusible se considera un componente y en el marcado se incluirá la letra "U".

El dispositivo de limitación de temperatura será del tipo no rearmable.

3.9.- PROTECCIÓN RADIACIÓN ÓPTICA (UNE EN 60079-28)

Modo Constructivo: Limitación de energía
Ámbito de aplicación: Gases

La radiación óptica, en rangos de espectro entre 3×10^{11} y 3×10^{15} Hz, es una de las fuentes de ignición recogidas en la Norma UNE EN 1127-1.

Podemos encontrar lámparas, láser, diodos electroluminiscentes (LEDs), fibras ópticas, que pueden estar o influir dentro de las zonas clasificadas, pudiendo inflamar la mezcla presente.

Los mecanismos de inflamación que aparecen la Norma UNE EN 60079-28 son:

- Radiación óptica absorbida por superficies o partículas, provocando su calentamiento y que pueden permitir que se alcance la temperatura de inflamación de las sustancias.
- Inflamación térmica de un volumen de gas, donde la longitud de onda óptica corresponde a una banda de absorción de gas.
- Inflamación fotoquímica debida a la disociación de moléculas de oxígeno por la radiación en el rango de las longitudes de onda ultravioletas
- La interrupción de un gas por láser, en el foco de un haz fuerte, produciendo plasma y una onda de choque

Existen 3 modos de protección para prevenir la inflamación por radiación óptica.

Radiación óptica de seguridad intrínseca (op is): radiación visible o infrarroja que en condiciones normales o de fallo especificadas, es incapaz de suministrar suficiente energía para inflamar una mezcla.

Radiación óptica protegida (op pr): la radiación está confinada dentro de una fibra óptica en la que no hay posibilidad de escape desde el confinamiento.

Radiación óptica con enclavamiento (op sh): los métodos de enclavamiento pueden ser los dados por las Normas UNE EN 61508 y UNE EN 61511.



3.10.- INMERSIÓN EN ACEITE (UNE EN 60079-6)

Modo Constructivo: Prevención- Separación

Ámbito de aplicación: Gases

En este modo de protección el material eléctrico o parte de él está sumergido en aceite, de tal forma que una atmósfera inflamable que puede estar sobre el líquido o fuera de la envoltura no puede ser inflamada.

El líquido de protección debe tener un punto de combustión superior a los 300 °C, y debe ser dieléctrico.

En el caso de las siliconas líquidas deben alcanzar una alta resistividad y tener un punto de fluidez crítica de - 30 °C como máximo.

Las envolturas pueden ser herméticas, en cuyo caso deberán alcanzar un IP 66 estando provistas de un dispositivo de liberación de presión, o por el contrario pueden ser no herméticas disponiendo de un dispositivo de respiración completo con un agente secador adecuado. Tanto el dispositivo de respiración como el de liberación de presión deben tener un IP 23.

El material eléctrico se sumergirá a 25 mm por debajo de la superficie del líquido, salvo los conductores que satisfagan las líneas de fugas correspondientes a seguridad aumentada o que cumplan con los requisitos de seguridad intrínseca en los modos "ia" o "ib".

Por último, los equipos deben disponer de uno o varios dispositivos de indicación del nivel de líquido de protección en función de que tengan uno o varios compartimentos. Los dispositivos llevarán una indicación de nivel máximo y mínimo.

Marcado de equipos atex

Grupos

IEC		RD 400/96
Grupo I	Trabajos subterráneos en minas con peligro debido al grisú	
	Metano	
Grupo II	Atmósferas potencialmente explosivas con gas	
Subgrupos		
II A	Propano	
II B	Etileno	
II C	Hidrógeno, Acetileno	
Grupo III	Atmósferas con polvo combustible	
Subgrupos		
III A	Partículas inflamables	
III B	Polvo no conductor	
III C	Polvo conductor	

Categoría y nivel de protección de los equipos



Temperatura ignición polvo

Temperatura máxima de superficie del material	< T ^a ignición capa – 75°C < 2/3 x T ^a ignición nube
---	---

Clase de temperatura gas

Clase de temperatura del material eléctrico	Temperatura superficial máxima del equipo eléctrico
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

Temperatura máxima de superficie del material

80 % Temperatura mínima de ignición

Ejemplo marcado equipos eléctricos

MARCADO RD400/96	MARCADO PARA GASES	MARCADO PARA POLVO
MARCADO RD400/96	Ex IIC 1G ia T6	Ex II 2D m IP66 T130°C
MARCADO 60079-14 (EPL)	Ex ia IIC T6 Ga	Ex mb IIIC IP66 T130°C Db

Ejemplo marcado equipos no eléctricos

MARCADO RD400/96	MARCADO PARA GASES	MARCADO PARA POLVO
MARCADO RD400/96	Ex II 2G IIB ck T4	Ex II 2D c T110°C

Cifra de protección frente a entrada de partículas

CIFRA IP	PROTECCIÓN
0	Ninguna protección
1	Cuerpos ø 50 mm
2	Cuerpos ø 12,5 mm
3	Cuerpos ø 2,5 mm
4	Cuerpos ø 1 mm
5	Puede penetrar polvo en cantidad no perjudicial
6	No hay penetración de polvo

IPXX

1ª cifra: protección frente a entrada de polvo
2ª cifra: protección frente a entrada de líquido

Modos de protección para equipos eléctricos en atex gas

MODO DE PROTECCIÓN	SÍMBOLO	DIAGRAMA	NORMAS
ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE	d		UNE-EN 60079-1
SOBREPRESIÓN INTERNA	p		UNE-EN 60079-2
RELLENO PULVERULENTO	q		UNE-EN 60079-5
INMERSIÓN EN ACEITE	o		UNE-EN 60079-6
SEGURIDAD AUMENTADA	e		UNE-EN 60079-7
SEGURIDAD INTRÍNSECA	i		UNE-EN 60079-11
SALAS PRESURIZADAS	p		UNE-EN 60079-13
MODO "n"	n		UNE-EN 60079-15
ENCAPSULADO	m		UNE-EN 60079-18
SISTEMA DE SEGURIDAD INTRÍNSECA	i		UNE-EN 60079-25
PROTECCIÓN RADIACIÓN ÓPTICA	op		UNE-EN 60079-28

Modos de protección para equipos eléctricos en atex polvo

MODO DE PROTECCIÓN	SÍMBOLO	DIAGRAMA	NORMAS
PROTECCIÓN POR ENVOLVENTE	t		UNE-EN 60079-31
SOBREPRESIÓN INTERNA	pD		UNE-EN 61241-4
SEGURIDAD INTRÍNSECA	i		UNE-EN 60079-11
ENCAPSULADO	m		UNE-EN 60079-18

Modos de protección para equipos no eléctricos

MODO DE PROTECCIÓN	SÍMBOLO	DIAGRAMA	NORMAS
FLUJO RESTRINGIDO	fr		UNE-EN 13463-2
ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE	d		UNE-EN 13463-3
SEGURIDAD CONSTRUCTIVA	c		UNE-EN 13463-5
CONTROL FUENTES DE IGNICIÓN	b		UNE-EN 13463-6
INMERSIÓN EN LÍQUIDO	k		UNE-EN 13463-8

Marcado adicional

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
[Ex ia Ga]	MATERIAL ASOCIADO
X	CONDICIONES DE INSTALACIÓN
U	COMPONENTE

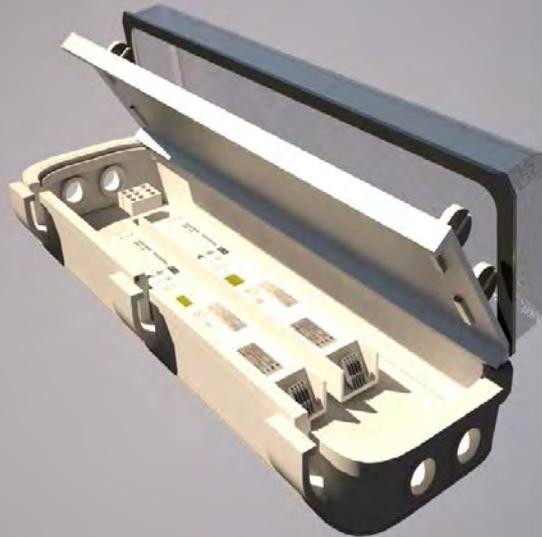
Cifra de protección frente al riesgo mecánico

Código IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energía de Impacto (Joule)	a	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
a No está protegido por la norma 60079-0											



4.-Lista de chequeo de los modos:

- Envoltente antideflagrante
- Seguridad aumentada
- Modo "n"
- Protección por envoltente
- Encapsulado
- Relleno pulverulento
- Protección radiación óptica



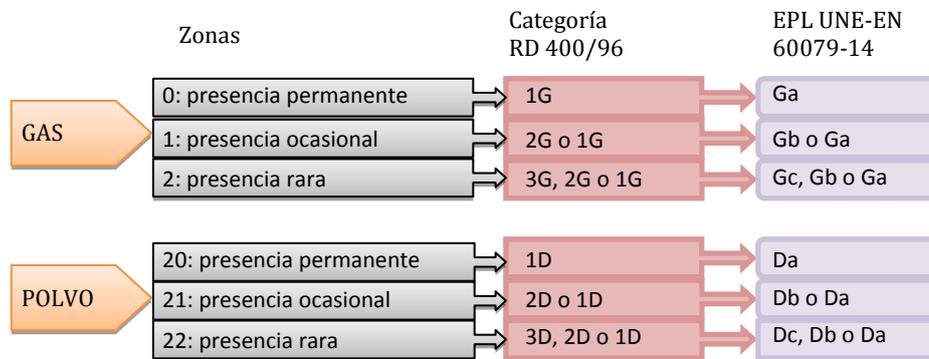


A.- GENERALIDADES (TODO EL MATERIAL)

1.- El material es adecuado a los requisitos del EPL/ emplazamiento de la ubicación

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Se comprobará, que el nivel de protección, en adelante EPL, proporcionado por el equipo es adecuado al tipo de zona que nos encontramos en nuestra instalación.



Los equipos construidos con envolvente antideflagrante, seguridad aumentada, o relleno pulverulento, proporcionan como máximo un EPL 'Gb', de manera que podrían instalarse como máximo en una zona clasificada de tipo 1, salvo los sensores catalíticos de los detectores portátiles de gases inflamables construidos con envolvente antideflagrante, que pueden obtener un nivel de protección "Ga" si cumplen una serie de requisitos de fabricación.

Es posible encontrar equipos construidos mediante la combinación de varios modos de protección. En este caso aparecerán en el mercado ambos modos de protección unidos mediante un signo '+', por ejemplo (d + e). Este marcado nos indica que el equipo está construido con seguridad aumentada en combinación con una envolvente antideflagrante (modos constructivos diferentes). El EPL que alcanzaría el equipo sería 'Ga' y, por lo tanto, podría ser instalado en una zona 0.

Los equipos construidos con modo de protección "n" proporcionan un EPL "Gc", por lo que sólo pueden instalarse en zona 2.

Los equipos construidos con protección por envolvente pueden proporcionar EPL "Da", "Db" o "Dc", para zonas 20, 21 y 22 respectivamente.



Como mínimo debemos comprobar el EPL en la placa de marcado del equipo aunque es recomendable que se haga esa comprobación en el certificado del mismo.

2.- El Grupo de equipo es correcto

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X		X	X	X	X	X	X	X

El material eléctrico será seleccionado en función de la sustancia que genera la zona clasificada. Las sustancias en forma de gases o vapores inflamables se clasifican en tres grupos, IIA, IIB y IIC, en función de sus propiedades físico-químicas (energía mínima de ignición, corriente mínima de ignición e intersticio experimental máximo de seguridad) El grupo IIC está formado por aquellos gases que presentan más riesgo, ej. hidrógeno y acetileno.

Las sustancias en forma de polvo se clasifican, asimismo, en tres grupos, IIIA, IIIB y IIIC, que se corresponden con partículas combustibles en suspensión (diámetro de partícula medio superior a 500 µm), polvo (diámetro de partícula medio inferior a 500 µm) no conductor y conductor respectivamente.

En el caso de equipos de seguridad aumentada la sustancia inflamable puede entrar en el interior de la envoltente y entrar en contacto con los componentes internos sin que exista riesgo de ignición. La protección se consigue gracias a que los propios componentes nunca producen chispa y nunca alcanzan temperaturas superficiales peligrosas. El grupo de gas (en relación con la energía mínima de ignición y a los intersticios de los equipos) no influye en el diseño ni en los ensayos de tipo. Por este motivo, en la placa de características de la mayoría de equipos de seguridad aumentada aparece el grupo II, sin ir acompañado de la letra del grupo de gas.



Podemos encontrar equipos ensayados para un gas en particular. En este caso se marcará en la placa de características el gas concreto para el cual el equipo ha sido ensayado, ej. IIB + H₂. Este equipo podrá ser utilizado en zonas clasificadas por presencia de cualquier gas perteneciente al grupo IIB y para Hidrógeno.

3.- La clase de temperatura del material es correcta (sólo para gases)

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X		X	X	X				X

La identificación de la clase de temperatura irá en función de la temperatura de autoignición de la sustancia en forma de gas. El marcado, en este caso, aparecerá en la placa de características del equipo con una T seguida de un dígito del 1 al 6, correspondiendo cada nivel con una temperatura superficial máxima tal y como se indica en la siguiente tabla.

Clase de temperatura requerida por la clasificación de áreas	Temperatura de autoignición del gas o vapor en ° C
T1	> 450
T2	> 300
T3	> 200
T4	> 135
T5	> 100
T6	> 85

Recordemos lo que nos dice la UNE EN 1127-1 en el caso de gases. Para equipos de categoría 1 o EPL Ga, la temperatura superficial del equipo no debe alcanzar el 80 % de la temperatura de ignición del gas o líquido combustible. Para la categoría 2 o EPL Gb, si no hay un medio de que la sustancia se pueda calentar hasta alcanzar la temperatura superficial del equipo en cuestión, también se debería limitar hasta el 80 % de la temperatura de ignición. Por último, para la categoría 3 la temperatura superficial no alcanzará la de autoignición de la sustancia en cuestión.

En el caso del modo de protección "n", las superficies a considerar para determinar la temperatura superficial máxima que puede alcanzar el equipo para no ser una fuente de ignición son:



- La superficie externa del material para "nR" y "nC".
- La superficie de cualquier parte del material, incluso las internas con las que pueda entrar en contacto la atmósfera de gas inflamable, para "nA".

En el caso concreto de la radiación óptica, la potencia o irradiación óptica no excederá de los valores de la tabla, por categoría de grupo de material y clase de temperatura.

Grupo de material	IIA	IIB	IIC	IIC
Clase de temperatura	T3	T4	T4	T6
Clase de temperatura °C	<200	<135	<135	<85
Potencia (mW)	150	35	35	15
Irradiación (mW/mm ²) (superficie que no excede de 400 mm ²)	20 ^a	5	5	5
^a Para superficies irradiadas mayores que 30 mm ² donde los materiales combustibles puedan interceptar el haz, se aplica el límite de irradiación de 5 mW/mm ²				

4.- La máxima temperatura superficial del material es correcta

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Tipo de envoltente						
d	e	n	t	m	q	op
			X	X	X	

La temperatura máxima que el material puede alcanzar en superficie es función de la temperatura mínima de ignición de la sustancia en forma de polvo de que se trate. En el marcado del equipo aparecerá esta temperatura en grados centígrados.

La Norma UNE EN 1127-1 especifica, para el caso de polvo, que la temperatura máxima de cualquier superficie con la que pueda entrar en contacto una nube de polvo, no sobrepasará los 2/3 de la temperatura mínima de ignición en °C de la nube de polvo de que se trate. Además, la temperatura de cualquier superficie donde se pueda depositar una capa de polvo será inferior en al menos 75°C (en función del espesor de la capa) a la temperatura mínima de ignición de la capa de polvo correspondiente. La temperatura superficial máxima marcada en la placa de características debe ser, en cualquier caso, inferior a ambas.

5.- El grado de protección IP del equipo es adecuado al nivel de protección/grupo/conductividad

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X		X	

La entrada en las envolventes de materias extrañas, sólidas, líquidas o gaseosas, pueden reducir los valores de la rigidez dieléctrica o la resistencia de aislamiento en la superficie. Este hecho es lo que la norma UNE EN 60664-1 denomina contaminación.

Se pueden hacer uso de diferentes medios para reducir esta contaminación, aunque pueden no ser efectivos si el equipo está sometido a condensación. Esta humedad hace que la contaminación sea conductora.

Se establecen cuatro grados de contaminación. A partir del grado 3, se puede producir contaminación conductora, por lo que para algunos equipos sería una situación no admisible.

Las cifras IP nos dan una referencia de la protección del equipo frente a la penetración de partículas sólidas (primera cifra) o frente a la penetración de líquidos (segunda cifra).

Las envolventes de equipos de seguridad aumentada, proporcionarán el siguiente grado IP:

- IP 54, cuando alberguen en el interior partes conductoras activas.
- IP 44, aquellas envolventes que contengan partes conductoras vivas aisladas.
- IP 20, para máquinas eléctricas rotativas, excepto cajas de bornes, y partes conductoras no aisladas.

En el caso de la protección por envolvente, en función del nivel de protección, del tipo de zona y la clase de polvo, se cumplirá:

Nivel de protección	IIIC	IIIB	IIIA
"ta"	IP 6X	IP 6X	IP 6X
"tb"	IP 6X	IP 6X	IP 5X
"tc"	IP 6X	IP 5X	IP 5X



Siendo la clase IIIA partículas en suspensión, IIIB polvo no conductor y IIIC polvo conductor.

En el modo "n" se requiere IP 4X si hay partes activas desnudas o IP 2X si están aisladas pero el material está destinado a instalarse en lugares donde haya una protección frente a la entrada de sólidos o agua. El material se marcará con la letra "X".

En el caso del relleno pulverulento, en su condición de funcionamiento normal, con todos los orificios cerrados, cumplirá con un IP 54. Cuando el equipo se instale en recintos limpios y secos, el grado de protección se puede reducir a un IP 43.

Si el componente con relleno pulverulento está instalado dentro de otra envolvente, esta cumplirá con un IP 54 y el de la envolvente con relleno no tiene por qué especificarse.

En la inmersión en aceite, si la envolvente es hermética debe alcanzar un IP 66 y contar con un dispositivo de liberación de presión con un IP 23. Si la envolvente no es hermética debe llevar un dispositivo de respiración con un IP 23.

6.- La identificación de circuito del equipo es correcta

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X

El propósito de este requisito es facilitar el aislamiento correcto del equipo cualquiera que sea el trabajo a efectuar. Para ello es indispensable poder relacionar cada equipo con su fuente de alimentación. Esto se puede lograr mediante diferentes métodos.



- El equipo dispone de etiqueta permanente que especifique la fuente de alimentación.

- El equipo o el cable disponen de un número de identificación. La fuente de alimentación se puede identificar a partir de planos o diagramas, usando el número de identificación

indicado anteriormente.

- El equipo está indicado en forma clara y precisa en un plano, en el que la fuente de alimentación está identificada.



7.- La identificación de circuito del equipo está disponible

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envoltente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X

En la inspección inicial es necesario confirmar, para todos los equipos, que la información es correcta. En la inspección periódica se verificará que la información necesaria está disponible. El requisito en una inspección detallada para verificar que la información es correcta así como verificar otros detalles, se debe realizar cuando el circuito esté instalado.

8.- La envoltente, las piezas de vidrio, y los sellados mediante juntas y/o compuestos de las uniones vidrio-metal, son satisfactorios

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	
		X

Tipo de envoltente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X			
X	X	X	X	X	X	

Es necesario comprobar que el grado IP exigido para los equipos se mantiene durante la vida útil de estos. Para ello es indispensable que tanto la envoltente como las juntas de la misma se conserven en buen estado. No pueden existir golpes ni piquetes en la superficie de la envoltente ni en las partes no metálicas si estas existen.

En el caso de tener que sustituir alguna de las piezas no metálicas se deberá hacer teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante, ya que las partes no



metálicas de los equipos deben cumplir con estrictos requisitos para la no acumulación de carga estática en los mismos. Por ejemplo, la resistencia superficial será inferior en cualquier caso a $10^9\Omega$.

9.- No hay daño o modificaciones no autorizadas

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X	X	X	X

Se trata de comprobar que el equipo ha sido instalado según la documentación del fabricante.

Cualquier modificación que sea realizada en un equipo certificado puede inutilizar el modo de protección con el cual fue diseñado. La verificación de la realización de modificaciones no autorizadas puede presentar algunos problemas, debido a que puede ser complicado detectar alteraciones en cualquier tipo de equipo, por ejemplo, un circuito impreso. Puede ser factible utilizar el hecho de que la soldadura asociada con la mayoría de las reparaciones o alteraciones de los equipos no es del mismo tipo o calidad que la original. Puede ser útil contar con fotografías de placas originales, listados de componentes claves, etc.

En equipos de seguridad aumentada puede ser clave para la seguridad la sustitución de bornes, cambios de devanados en motores, etc.

La Norma UNE EN 60079-1:2015 indica que la superficie de las juntas antideflagrantes no pueden estar recubiertas con pintura o con capa de polvo. Sí que pueden ser metalizadas por electro-deposición. El recubrimiento en caso de realizarse tendrá las siguientes especificaciones:

- Si el espesor es inferior a 0.008 mm no hay consideraciones especiales
- Si es mayor de 0.008 mm, el intersticio será acorde con los requisitos de aplicación de la junta. Habrá que realizar un ensayo de transmisión de llama asimilado al intersticio sin deposición.

Para las envoltentes de relleno pulverulento, la rotura del precinto, soldadura etc. nos podría indicar una posible modificación en el equipo.

10.- No hay pruebas de modificaciones no autorizadas

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
	X	X	X	X	X	X	X	X	X

En las sucesivas inspecciones, tanto cercanas como visuales, se comprobará que el equipo se mantiene en las mismas condiciones que en el momento de su puesta en servicio.

11.- Los cierres, los dispositivos de entrada de cable (directa e indirecta) y los tapones ciegos son del tipo correcto y están completos y firmes

- **Comprobación física**
- **Comprobación visual**

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Los prensaestopas, instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante, no pueden invalidar las características específicas del modo de protección del material eléctrico en el que están montados.

Para cumplir con los requisitos de protección ante la entrada de partículas o líquidos, también puede ser necesario sellar la interface entre el prensaestopas y la envolvente mediante arandelas de cierre o selladores de roscas.

Cuando se utilicen cables con cubierta metálica y aislamiento mineral, se mantendrá el requisito para lograr las distancias en el aire empleando un dispositivo de sellados de cables con aislamiento mineral Ex 'e'.





La verificación del apriete del prensaestopas en una inspección cercana o visual se puede realizar a mano, sin la necesidad de quitar las cintas o cubiertas de protección contra la intemperie.

En las inspecciones detalladas puede ser necesario desmontar el prensaestopas cuando no se pueda asegurar su integridad con una inspección cercana.

Las entradas no utilizadas estarán selladas con tapones u obturadores de manera que se mantenga el grado IP requerido por el modo de protección. Estos tapones se podrán retirar tan solo con el uso de herramientas externas.



En el caso del relleno pulverulento, los terminales o cables utilizados para la entrada de conductores eléctricos a la envolvente serán parte de la misma y estarán protegidos y sellados. La fijación de las entradas cumplirá con los requisitos de los prensaestopas y no podrá quitarse sin daño evidente a la envolvente.

12.- Las cubiertas roscadas de las envolventes son del tipo correcto, están apretadas y aseguradas

- Verificación física
- Verificación visual

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X						



En las envolventes antideflagrantes, cuando se encuentren evidencias de desgaste, distorsión, corrosión u otro tipo de daños, hay que realizar la verificación según lo especificado en la documentación del equipo, de los juegos

diametrales de varillas, espigas, ejes y juntas roscadas.

13.- Las superficies de las juntas planas están limpias y sin daño, y las juntas de estanqueidad, si las hay, son correctas y están colocadas correctamente

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X						



Antes de montar las envolventes tras una inspección se deben limpiar todas las juntas minuciosamente utilizando cepillos no metálicos y productos de limpieza que no sean corrosivos.

Es necesario proteger contra la corrosión las juntas antideflagrantes siguiendo la documentación del fabricante. En caso de que la documentación del fabricante no especifique como proteger la junta, se podrá utilizar grasa que impida la corrosión como vaselina o aceites minerales espesados con jabón. Si se utiliza grasa, no debe endurecerse al envejecer, ni llevar solventes que se evaporen, ya que podrían provocar la corrosión de la superficie de la junta.

En los orificios roscados para los cierres se evitará su uso.

Es responsabilidad de los usuarios confirmar qué tipo de grasa es la más conveniente

Las juntas de las envolventes no se deben pintar mientras se realiza el montaje, sólo se admitirá cuando la instalación sea completa, siendo recomendable la aplicación de grasa para minimizar la penetración de pintura en el intersticio.



Las grasas a base de silicona suelen ser adecuadas, pero no es recomendable utilizarlas en algunos equipos como en detectores de gas.



Las juntas de estanqueidad sólo serán utilizadas cuando el fabricante lo haya especificado en su documentación.

En aquellas juntas que no se pueden desarmar no será necesario realizar esta comprobación.

14.- El estado de las juntas de estanqueidad de las envolventes es satisfactorio.

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X			

Se comprobará que el estado de las juntas es satisfactorio. Serán continuas en todo el perímetro de la envolvente, no pueden aparecer agrietadas ni cubiertas con ningún tipo de pintura, a no ser que lo permita la documentación facilitada por el fabricante.



15.- No hay ninguna prueba de entrada de agua o polvo en la envolvente de acuerdo con el grado de protección IP

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X			

Durante la inspección detallada, se abrirán las envolventes y se comprobará que en el interior no hay restos de polvo, o presencia de humedad, de acuerdo con el grado IP exigido en cada caso, según el apartado 5.

16.- Las dimensiones de los intersticios de las juntas planas están:

- Dentro de los límites según la documentación del fabricante, o
- dentro de los valores máximos permitidos según la correspondiente norma de construcción en el momento de la instalación, o
- dentro de los valores máximos permitidos según el tipo de zona

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X						

Si se detecta que las superficies de las juntas pueden haberse modificado, tendremos que comprobar que la longitud de las juntas y el intersticio entre las superficies de una junta tienen los valores establecidos en las tablas indicadas en la Norma EN 60079.1:2015.

17.- Las conexiones eléctricas están firmes

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
	X	X	X			

Es necesario verificar que todas las conexiones eléctricas están correctamente apretadas antes de la puesta en marcha de la instalación.

En el caso de cajas de bornes suele ser habitual que el fabricante indique el par de apriete necesario.

Algunos bornes, por ejemplo los de tipo ranura, pueden permitir la entrada de más de un conductor. En este caso, se garantizará que cada conductor esté debidamente sujeto.

Para evitar el riesgo de cortocircuito entre los conductores adyacentes en los bloques de terminales, debe mantenerse el aislamiento de cada conductor hasta el metal del borne.

Se garantizará que el calor disipado en la envolvente no se traduzca en temperaturas superiores a la clase de temperatura del material requerido. Para ello se seguirán las directrices del fabricante en relación al número máximo de bornes, sección de los conductores e intensidad máxima de corriente.

En el modo seguridad aumentada, la longitud máxima de los conductores en el interior de la caja de bornes no podrá exceder la longitud de la diagonal de



esta. Conexiones de más de 6 bornes pueden generar temperaturas que excedan el T6.

18.- Los bornes sin utilizar están apretados

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envoltente						
d	e	n	t	m	q	op
	X	X				

Se comprobará antes de la puesta en servicio del material que aquellos bornes que no vayan a ser utilizados estén correctamente fijados, de manera que no se produzcan movimientos que puedan afectar a las distancias de aislamiento y las líneas de fuga.



19.- Los dispositivos de corte cerrados y los dispositivos herméticamente sellados no están dañados

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envoltente						
d	e	n	t	m	q	op
		X		X	X	

En los equipos protegidos por relleno pulverulento la envoltente puede estar sellada de forma permanente y en caso de ser abierta dejará la evidencia de este hecho, o por el contrario puede estar destinada a ser abierta para la reparación. En este último caso incorporará métodos de sellado que se puedan renovar sin daño a la envoltente cuando el material se repara. Por ejemplo, se puede utilizar soldadura, juntas cementadas, remaches o cableado de seguridad con hilo de plomo.

En ambos casos el marcado incorporará las siguientes frases:

- “Esta envoltente ha sido sellada de forma permanente y no puede ser reparada”.
- “Esta envoltente está sellada de fábrica. En el caso de reparación, consulte las instrucciones del fabricante”.

En los equipos contruidos con el modo de protección nC de corte blindado o nC herméticamente sellado, hay que comprobar que no hay daños en el sellado tras una operación de montaje o manipulación, pues es requisito de estos modos de protección que la envolvente pueda ser sometida a estas operaciones sin daños en el sellado.

20.- Los componentes encapsulados no están dañados

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X				X	X		X		

Es frecuente encontrar en el mercado equipos certificados ATEX que usan determinados componentes contruidos de forma encapsulada. En este caso es necesario comprobar que los componentes están certificados como tales, y que son instalados según la documentación del fabricante.

21.- Los componentes antideflagrantes no están dañados

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X				X	X				

Al igual que en el punto anterior, se comprobará que los componentes antideflagrantes están correctamente instalados según la documentación del fabricante.

22.- La envolvente de respiración restringida es correcta (sólo para el tipo "nR")

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X					X				

La Norma UNE EN 60079-15, en lo referente al modo "nR", especifica que "las envolventes deben evaluarse solo como material completo incluyendo todas las opciones y accesorios", y detalla los requisitos que éstos deben cumplir para no comprometer el modo de protección.

- Entradas de tubo:
Serán de rosca cónica. Si son de rosca cilíndrica tienen que llevar un dispositivo de estanqueidad del tubo y ensayarse junto con la envolvente.
Todas las entradas de tubo serán selladas.



Las entradas que no se utilicen se sellarán con un tapón obturador que cumpla con los requisitos de "nR".

- Manillas de maniobra, vástagos y ejes:

Las aperturas para estos elementos deben estar provistas de algún medio que asegure el modo de protección en cualquier circunstancia (tanto en reposo como en movimiento de estos elementos)

- Mirillas

Si están selladas a la envolvente, tienen que estarlo directamente a la pared de esta, o en un bastidor de forma que el conjunto pueda ser reemplazado como una unidad

Si se montan con una junta tiene que hacerse directamente en la pared de la envolvente.

- Juntas y sellados

Deben asegurar el modo de protección durante toda la vida esperable del material o incluirse como parte de la documentación del fabricante la frecuencia con que se deben sustituir.

- Acceso para pruebas:

Salvo excepciones, la envolvente tiene que tener un acceso para poder comprobar que se cumplen los requisitos del modo protección tras la instalación, durante la inspección inicial y durante el mantenimiento

23.- Si se dispone de puerto de ensayo es funcional (sólo para el tipo "nR")

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
		X				

Se debe comprobar que el puerto de ensayo está fijado a la envolvente en un lugar accesible de esta.

Si el material está exento de acceso para pruebas el marcado debe incluir el símbolo "X" y en la documentación del fabricante se deben detallar las condiciones específicas de uso.

24.- La operación de respiración es satisfactoria (sólo para el tipo "nR")

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
		X				

Las envolventes "nR" con acceso para pruebas se deben someter a ensayos periódicos de medición de la presión para comprobar que la limitación de entrada

de gases, vapores o nieblas es efectiva. La periodicidad de estos ensayos debe ser de 6 meses o más según lo aconseje la experiencia. El manual de instrucciones del fabricante debe incluir la periodicidad y el tipo de ensayo a que debe ser sometido de entre los que contempla la Norma 60079-15

Para el material desprovisto de acceso para pruebas, las instrucciones para la realización de los ensayos deben figurar en la documentación acompañadas de todas las condiciones específicas de uso.

El volumen de la envolvente no cambia y dispone de acceso de prueba				
	Presión/Vacio inicial	Presión/Vacio inicial	Tiempo	Tipo de ensayo
Ensayo único	0.3 kPa	0.15 kPa	360 s	Vacío
Ensayo	0.3 kPa	0.15 kPa	90 s	Sobrepresión
Ensayo alternativo	3.0 kPa	2.7 kPa	14 s	Sobrepresión
Ensayo alternativo	0.3 kPa	0.27 kPa	14 s	Sobrepresión

El volumen de la envolvente cambia y no dispone de acceso de prueba				
	Presión/Vacio inicial	Presión/Vacio inicial	Tiempo	Tipo de ensayo
Ensayo	0.3 kPa	0.15 kPa	180 s	Vacío
Ensayo	0.3 kPa	0.15 kPa	180 s	Sobrepresión
Ensayo alternativo	3.0 kPa	2.7 kPa	27 s	Sobrepresión
Ensayo alternativo	0.3 kPa	0.27 kPa	27 s	Sobrepresión

Si el volumen de la envolvente cambia y dispone de puerto de acceso, durante el ensayo se presurizará con aire a una sobrepresión de 0.4 kPa. El cociente del volumen de aire suministrado con respecto al volumen de la envolvente no debe exceder de 0.125.

25.- Los dispositivos de respiración y drenaje son satisfactorios

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X			X	

Cuando sea un requisito del modo de protección, o, en cualquier caso, cuando un equipo esté expuesto a humedad prolongada y a variaciones de temperaturas



amplias, deberá ir provisto de dispositivos de respiración y drenaje para prevenir condensaciones en el interior del equipo.

Estos dispositivos permiten la circulación del aire y la compensación de presión y evitan la aparición de condensación en equipos eléctricos certificados para zonas con riesgo de explosión.

Los modos de protección que exigen la existencia de estos dispositivos son:

- relleno pulverulento, si el grado de protección IP es 55 o superior. En este caso el conjunto cumplirá con un IP 54.
- inmersión en aceite: si la envolvente es hermética debe llevar un dispositivo de liberación de presión, si la envolvente no es hermética debe llevar un dispositivo de respiración con agente secador.

En el caso de que sea necesario instalar dispositivos de respiración y drenaje estos no pueden afectar negativamente al grado IP de la envolvente. El fabricante debe ensayarlos y certificarlos como componentes e indicar cómo afecta al grado de IP la instalación de estos en la envolvente.

En el caso de los dispositivos que forman parte de una envolvente antideflagrante, tendremos en cuenta que deben ser capaces de soportar los efectos dinámicos en caso de producirse una explosión en su interior, sin que se generen deformaciones permanentes o que el apagallamas pueda sufrir una merma en sus propiedades. No pueden aumentarse intencionadamente los



intersticios de las juntas planas para permitir respiración y drenaje de las envolventes.

Durante las tareas de mantenimiento se comprobará la presencia eventual de grietas sobre el dispositivo de respiración, los posibles daños de las juntas estancas, y la posibilidad de que la arandela de fieltro esté dañada o saturada de polvo. Cuando las condiciones ambientales

sean adversas se aumentará la frecuencia de las revisiones de este tipo de equipos.

PARTICULARIDADES DEL MATERIAL (ILUMINACIÓN)

26.- Las lámparas fluorescentes no presentan efecto EOL

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X		X	X	X			

Durante el funcionamiento de las lámparas fluorescentes se produce el consumo de la pasta emisora de electrones. La reducción de esta pasta emisora en uno de los filamentos de la lámpara conduce a un aumento de la tensión en el entorno del mismo. Al aumentar esta tensión, se produce un aumento de la potencia emitida en ese punto, lo que hace que aumente considerablemente la temperatura en el área del filamento.



Este estado puede mantenerse a lo largo del tiempo de manera que puede convertirse en un verdadero peligro, debido al sobrecalentamiento del casquillo, del portalámparas o del tubo de vidrio, por encima de la clase de temperatura que certificó el fabricante para este equipo. Esto sucede especialmente en lámparas de diámetro pequeño, como las lámparas T5 (\varnothing 16 mm) o las lámparas fluorescentes compactas.

Este proceso es fácilmente detectable mediante una inspección visual, ya que se produce el oscurecimiento de los extremos de la lámpara fluorescente. En el momento en que se detecte debemos proceder a la sustitución de la misma.

Para "e" y "n" las lámparas fluorescentes con balasto electrónico no deberían utilizarse cuando se requiera una temperatura T5 o T6 o la temperatura ambiente sea superior a 60° C.



27.- Las lámparas HID no presentan efecto EOL

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X			

Las lámparas HID (High Intensity Discharge), son lámparas de descarga de alta intensidad, que son ampliamente utilizadas en el ámbito industrial.

Como las otras lámparas de descarga de gas eléctricas, por ejemplo las lámparas de vapor de mercurio (muy similares a la de haluro metálico), la luz se genera pasando un arco eléctrico a través de una mezcla de gases.



En una lámpara de haluro metálico, el tubo compacto donde se forma el arco contiene una mezcla de argón, mercurio y una variedad de haluros metálicos. El gas argón se ioniza fácilmente, facultando el paso del arco voltaico pulsante a través de dos electrodos cuando se le aplica un cierto voltaje a la lámpara. El calor generado por el arco eléctrico vaporiza el mercurio y los haluros metálicos, produciendo luz a medida que la temperatura y la presión aumentan. Como las otras lámparas de descarga eléctrica, las lámparas de haluro metálico requieren de un balasto para proporcionar el voltaje apropiado para comenzar el encendido y regular el flujo de electricidad para mantener la lámpara encendida.

Al igual que en las lámparas fluorescentes, se puede detectar el efecto EOL por el oscurecimiento de la parte donde se encuentran los electrodos. Esto indica sobrecalentamiento, que puede hacer que la temperatura superficial máxima que alcanza la luminaria sea superior a la clase de temperatura que marca el equipo, siendo de este modo peligroso su uso en zona clasificada.

28.- El tipo de la lámpara, sus valores asignados, la configuración posición de las espigas son correctos

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X			

La fuente de luz utilizada en luminarias de seguridad aumentada, según Norma UNE-EN 60079-7, serán:

- Lámparas fluorescentes de arranque en frío, con casquillos de contacto único (Fa6) de acuerdo con la Norma IEC 60061-1 Casquillos y portalámparas, junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad.



- Lámparas tubulares fluorescentes de dos contactos con casquillos G5 o G13 conforme a la Norma IEC 61195. Los contactos estarán realizados en latón. Dichas lámparas se conectarán a circuitos en los que puedan arrancar y funcionar sin precalentamiento de los cátodos.

- Lámpara de filamento de wolframio para alumbrado general, conforme a las Normas IEC 60064 y IEC 60432-1.

Para el resto de los modos de protección sólo se prohíbe la utilización de lámparas de vapor de sodio de baja presión. Si se

permiten las de alta presión.

La distancia mínima entre la lámpara y la cubierta de protección, en el caso de tubos fluorescentes, no será inferior a 5 mm. Para otros tipos de lámparas la distancia es función de la potencia de la lámpara según la siguiente tabla:

Potencia de la lámpara, W	Distancia mínima, mm.
$P \leq 60$	3
$60 < P \leq 100$	5
$100 < P \leq 200$	10
$200 < P \leq 500$	20 (10 para "n")
$500 < P$	30 (20 para "n")



Los portalámparas y casquillos forman un conjunto que estará certificado como componente. Normalmente se someten a ensayos de no transmisión de la ignición interna.

Para el modo de protección antideflagrante, tendremos en cuenta para los portalámparas y casquillos las siguientes consideraciones:

- Los portalámparas y casquillos de lámparas tubulares fluorescentes responderán a los requisitos dimensionales que aparecen en la Norma IEC 60061.
- Para otros portalámparas se aplicará el que la longitud de la junta entre el portalámparas y el casquillo sea de 10 mm cuando se separen.

Para los portalámparas con casquillos roscados tendremos en cuenta lo siguiente:

- La parte roscada del portalámparas será resistente a la corrosión.
- Cuando se desenrosca la lámpara deben estar insertados dos pasos de rosca completos.
- En los portalámparas con tipo de E26/E27 y E39/E40, el contacto eléctrico se realiza mediante resorte. En los grupos IIB o IIC, el cierre y la apertura del contacto al enroscar o desenroscar, debe producirse en el interior de la envoltura.

En el caso del modo "n" los portalámparas pueden ser:

- Tipo bayoneta sin formación de chispas
- De rosca "nA"
- De doble espiga sin formación de chispas

PARTICULARIDADES DEL MATERIAL (MOTORES)

29.- Los motores de los ventiladores tienen una separación suficiente de las envolventes y/o tapas, los sistemas de refrigeración no presentan daños, las bases del motor no tienen ni hendiduras ni grietas

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X			

Según la Norma UNE-EN 60079-14 la separación entre ventilador y envolvente será al menos la centésima parte del diámetro máximo del ventilador. Esta distancia se podría reducir hasta un milímetro en el caso de que se fabriquen con un sistema de concentricidad dimensional contralada y estabilidad dimensional.

Del mismo modo es importante verificar que las aletas de refrigeración instaladas en la carcasa del mismo no presentan ningún golpe, ya que la correcta refrigeración del motor depende de la integridad de estas.



De igual modo hay que prestar especial atención a la estructura de fijación que tenga el motor. Debido a las vibraciones que aparecen en funcionamiento normal pueden aparecer grietas que afecten negativamente a su funcionamiento.

30.- No se impide el flujo de aire

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X			

Se inspeccionará el estado físico del motor, prestando especial atención a aquellas partes de las que depende la correcta refrigeración del mismo.



Es por esto que se mantendrá limpio, tanto la carcasa como el cubre ventilador, de manera que se mantenga el flujo de aire.

En ocasiones los insectos pueden formar enjambres o colonias aprovechando las rendijas del cubre ventilador.

31.- La resistencia de aislamiento (IR) de los devanados del motor es satisfactoria

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X			

Medida del aislamiento y vigilancia del aislamiento son términos que se confunden con facilidad ya que, en principio, son muy similares. La medida del aislamiento es la prueba durante la cual se mide la resistencia de aislamiento entre conductores activos y el conductor de protección, con la red desconectada o libre de tensión y con ayuda de un aparato para la medida del aislamiento según UNE 61557-2. Esta medida se debe realizar para redes de abastecimiento con esquema TT, IT y TN.

La vigilancia del aislamiento, sin embargo, solo debe efectuarse en esquemas de distribución IT y consisten en la vigilancia permanente de la resistencia de aislamiento.

Para poder realizar la medida del aislamiento correctamente, antes de iniciar la medida, se debe desconectar el suministro de tensión, de la instalación o parte de la instalación que vaya a ser verificada.



La resistencia de aislamiento es medida entre los conductores activos y el conductor de protección conectado a tierra. Durante este ensayo los conductores activos pueden estar conectados eléctricamente entre ellos. La tensión continua de medida y la resistencia de aislamiento tienen que cumplir con las exigencias de la siguiente tabla.

Tensión nominal del circuito de corriente (V)	Tensión continua de medida (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ) mín.
MBTS, MTBP	250	0,5
Hasta 500 V (incl.), al igual que MBTF	500	1,0
Por encima de 500 V	1000	1,0

La resistencia de aislamiento se considera suficiente cuando cada circuito de corriente, sin consumidores eléctricos conectados, alcanza el valor exigido. Durante la medida se comprobará que todos los interruptores que se encuentren en el circuito de corriente estén cerrados. Si no es posible cerrar los circuitos de corriente, los circuitos no incluidos se medirán por separado. Las conexiones existentes entre N y PE estarán abiertas.

La tensión de medida es una tensión continua. Esto significa que se miden las resistencias óhmicas. El valor de la tensión de medida depende del tipo de instalación o equipo a ser verificado y está regulado por las normas aplicables a los ensayos técnicos de seguridad (véase tabla). Para sistemas de 230/400 V el valor es de 500 V DC. La corriente de medida será de por lo menos 1 mA o respecto el valor de cresta no superará los 15 mA. A través del valor de la tensión de medida se comprueba al mismo tiempo una cierta "resistencia a cargas disruptivas". Por ello, todos los equipos conectados tienen que soportar esta tensión de medida continua durante por lo menos un minuto. Durante una medida del aislamiento no se tocarán las piezas conductoras para evitar el riesgo de sufrir un contacto eléctrico directo en caso de haber, por ejemplo, un equipo defectuoso.



B.- INSTALACIÓN-GENERALIDADES

1.- El tipo de cable es apropiado

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X	X	X	

El tipo de cable a utilizar, viene normalizado en la reglamentación técnica de cada país. En el caso de España, se deben seguir las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su instrucción técnica complementaria ITC 29, y en su guía de desarrollo.

Los cables a utilizar en instalaciones eléctricas en zonas clasificadas tendrán una tensión mínima asignada de 450/750 V.

La intensidad admisible en los conductores deberá disminuirse en un 15 % respecto al valor correspondiente a una instalación convencional. Todos los cables de longitud superior a 5 m estarán protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos.

Instalaciones Fijas

Los cables a emplear en las instalaciones fijas de emplazamientos clasificados serán:

- Cables aislados con mezclas termoplásticas o termoestables, instalados bajo tubo metálico rígido o flexible conforme a la Norma UNE-EN 50086-1.
- Cables contruidos de modo que dispongan de una protección mecánica como:
 - Cables de aislamiento mineral y cubierta metálica según Norma UNE-EN 60702-1.
 - Cables armados con alambre de acero galvanizado y con cubierta externa no metálica, según la serie UNE 21123.

Los cables a utilizar en las instalaciones fijas cumplirán, respecto a la reacción al fuego, lo indicado en la Norma UNE 20432-3.

Para su instalación se pueden utilizar cualquiera de las combinaciones que se detallan en la siguiente tabla:

Sistema de conducción de cable (prescripción mínima)		Cable
Tubos serie UNE EN 50086	<p>Compresión Fuerte (4), Impacto Fuerte (4), Temperatura mínima de instalación y servicio -5 °C (2) Temperatura máxima de instalación y servicio +60 °C (1) Resistencia al curvado Rígido/curvable (1-2) Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/ Aislante ² Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Contra objetos D = 1 mm Resistencia a la penetración del agua: Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15° Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media Resistencia a la tracción: No declarada No propagador de la llama Resistencia a las cargas suspendidas: No declarada</p>	<p>H07V-K; unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 (-K) y, aislamiento de policloruro de vinilo (V). UNE-EN 50525-2-31</p>
		<p>H07Z1-K (AS); conductor no propagador del incendio, unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1) UNE 211002</p>
Canales UNE-EN 50085	<p>Impacto: Fuerte (6J) Temperatura mínima de instalación y servicio (ver tabla 4) Temperatura máxima de instalación y servicio (ver tabla 4) Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/ Aislante² Resistencia a la penetración de objetos sólidos(ver tabla 4) No propagadora de la llama</p>	<p>IP4X o IPXXD o superior y que sólo puede abrirse con útil</p>
		<p>RV: cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta policloruro de vinilo (V) UNE 21123-2</p>
Bandejas y bandejas de escalera. UNE-EN 61537	<p>Impacto: 5 Julios Temperatura mínima de instalación y servicio -5 °C Temperatura máxima de instalación y servicio +60 °C Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/ Aislante² No propagadora de la llama Resistencia a la corrosión grado 2</p>	<p>Sin riesgo mecánico ¹</p>
		<p>Con riesgo mecánico ¹</p>
Cables colocados directamente sobre paredes		<p>RZ1MZ1-K (AS); cable no propagador del incendio, de tensión asignada 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (R), cubierta interna a base de poliolefina (Z1), armadura de alambres de acero galvanizado (M) y cubierta externa a base de poliolefina (Z1) y conductor de cobre flexible clase 5 (-K) UNE 21123-4</p>



Nota 1: El proyectista considerará la posibilidad de riesgo mecánico en el lugar de la instalación. Como riesgo mecánico se considerará cualquier causa que pueda dañar el aislamiento tal como el impacto, compresión, roedores, etc.

Nota 2: Consideraciones sobre el uso de canalizaciones eléctricas no metálicas (cables, sistemas de conducción de cables y elementos de fijación). Además de los requisitos de resistencia mecánica expuestos en la tabla anterior, para las canalizaciones se tendrán en cuenta los riesgos electrostáticos que de ellas puedan derivarse. La minimización de tales riesgos podrá conseguirse cumpliendo uno de los siguientes requisitos:



a) Empleo de materiales con una resistencia eléctrica superficial no mayor de $1 \text{ G}\Omega$ (de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.2 de UNE-EN 60079-0:2005). Se garantizará una unión equipotencial a tierra con una resistencia no mayor de $1 \text{ M}\Omega$.

b) Si la resistencia eléctrica superficial es mayor de $1 \text{ G}\Omega$ se establecerán las siguientes limitaciones:

- No se deberán utilizar nunca en zonas 0 o 20.

- La instalación en otras zonas (1, 21, 2 y 22) se reducirá a ubicaciones no

accesibles al personal u objetos. Las condiciones de no accesibilidad de las canalizaciones se definirán en el proyecto de la instalación de acuerdo con las condiciones de utilización de la misma. En ausencia de tales justificaciones en el proyecto, en general el cumplimiento con esta prescripción se considera cubierto instalando las canalizaciones a una altura de 2.5 m cuando están instaladas sobre pared o a 4 m en el resto de los casos.

- Durante la colocación y mantenimiento se tomarán medidas adicionales tales como la verificación de que no existe una atmósfera explosiva presente.

- Las inserciones metálicas, tales como tornillos o remaches, no presentarán una capacidad a tierra que supere 5 pF. En caso contrario estarán conectadas a tierra con una resistencia no mayor de $1 \text{ M}\Omega$.

- Deberán incluirse etiquetas claramente visibles de aviso del riesgo electrostático.

- Las operaciones de limpieza serán realizadas con paños húmedos y utilizando ropa y calzado antiestáticos.

En cualquier caso los materiales utilizados serán no propagadores de la llama.

Equipos móviles y portátiles

En alimentación de equipos portátiles o móviles, se utilizarán cables con cubierta de policloropreno según UNE 21027- 4 o UNE 21150, que sean aptos para servicios móviles, de tensión asignada mínima 450/750 V, flexibles y de sección mínima 1.5 mm². La utilización de estos cables flexibles se restringirá a lo estrictamente necesario y como máximo a una longitud de 30 m.

Los cables flexibles para áreas peligrosas se seleccionarán de la lista siguiente:

- Cables flexibles recubiertos con caucho normal.
- Cables flexibles recubiertos con policloropreno normal.
- Cables flexibles recubiertos con goma resistente reforzada.
- Cables flexibles recubiertos con policloropreno reforzado.
- Cables con aislamiento de plástico con una construcción de robustez equivalente a la de los cables flexibles con recubrimiento de goma de resistencia reforzada.

Los cables de instalación habitual con estas características son:

Cable H07RN-F (Norma UNE-EN 50525-2-21)	Cable de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 apto para servicios móviles (-F), aislamiento de compuesto de goma (R) y cubierta de policloropreno (N)
Cable H07ZZ-F (AS) (Norma UNE-EN 50525-3-21)	Cable no propagador del incendio, de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 apto para servicios móviles (-F), aislamiento y cubierta de compuesto reticulado (Z)



2.- No existe daño evidente en los cables

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	

Se comprobará el estado físico del cableado, asegurando que este no presenta daños que puedan afectar a la protección del aislamiento. Es importante prestar atención al número de bucles que presenta el cableado, sobre todo en la zona próxima al equipo al que alimentan, ya que estos bucles generan campos eléctricos y magnéticos que pueden afectar a la seguridad de la instalación.



3.- Los sellados de canales, conductos, conducciones y/o tubos son correctos

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	

El tubo estará provisto de un dispositivo de sellado cuando entre o abandone un emplazamiento peligroso para evitar la transmisión de gases o líquidos procedentes de los emplazamientos peligrosos a aquellas zonas seguras.

El compuesto de sellado del tubo se colocará alrededor de la cubierta exterior del cable cuando el cable esté realmente lleno, o bien alrededor de los conductores individuales en el interior del mismo. El compuesto de sellado será tal que no se contraiga al endurecerse. Será impermeable y no se verá afectado por los productos químicos que se encuentren en el emplazamiento.



Las envolventes con canalizaciones largas estarán provistas de dispositivos de drenaje adecuados para evitar la condensación. Además el aislamiento de los cables tendrá una resistencia adecuada al agua.

Las aberturas en las paredes para los cables y tubos entre los distintos emplazamientos peligrosos y no peligrosos, estarán adecuadamente selladas, por ejemplo mediante sellado de arena o de mortero para mantener la clasificación de la zona, cuando proceda.

4.- Las cajas de conexión y las cajas de empalme están llenas correctamente

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envoltente						
d	e	n	t	m	q	op
X						



Las cajas de conexionado o empalme deberán ir provistas de algún sistema de fijación como por ejemplo guías donde irán instaladas regletas de conexión rápida.



5.- Se mantiene la integridad del sistema de conducto y la interfaz con sistemas mixtos

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X	X	X	

En caso de realizar la instalación bajo tubo, como protección mecánica, puede ser necesario para facilitar la entrada de cable al equipo eléctrico, el uso de tubos curvables o flexibles, que presentarán una resistencia a la corrosión y nivel de protección mecánica igual al exigido en el caso de uso de tubos rígidos. Estos tubos tendrán la menor longitud posible y asegurarán que se mantienen las propiedades exigidas tanto para la instalación, como para la envoltente, por ejemplo clasificación IP e integridad mecánica.

6.- Las conexiones a tierra, incluyendo cualquier tierra suplementaria son correctas (por ejemplo, las conexiones están firmes y los conductores tienen una sección suficiente)

- Verificación física
- Verificación visual

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X		X	X	X	X			
		X	X	X	X	X	X	X	

El material eléctrico que requiere puesta a tierra dispondrá, en el interior del mismo, adyacente a los demás elementos de conexión, de un borne para la conexión de un conductor de puesta a tierra, así como un medio de conexión externo para material eléctrico con envoltente metálica, excepto aquel material que esté diseñado para ser:

- Movido cuando esté en tensión y que se alimenta con un cable que tiene conductor de puesta a tierra o de conexión equipotencial.
- Instalado sólo con canalizaciones que no requieran una conexión a tierra externa, como por ejemplo, un conducto metálico o un cable armado.

Los medios de conexión internos y externos estarán eléctricamente en contacto.

Los medios de conexión para la puesta a tierra permitirán la conexión eficaz de, al menos, un conductor con las siguientes secciones:

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE, S mm²	SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR DE TIERRA
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	0,5 x S

Los medios de conexión para uniones equipotenciales en el exterior del material eléctrico proporcionarán la conexión efectiva de un conductor con una sección de al menos 4 mm².

Los medios de conexión se diseñarán de forma que los conductores eléctricos



no puedan aflojarse o girar fácilmente. La presión de contacto de las conexiones eléctricas se mantendrá y no se verá afectado por cambios en el tamaño de los materiales en el servicio debido a factores como la temperatura o la humedad.

Cuando el sistema de tubos se emplee como conductor de puesta a tierra de protección, la unión roscada será adecuada para transportar la intensidad de fallo que fluiría si el circuito estuviese debidamente protegido por fusibles o interruptores automáticos. En caso contrario se puenteará la unión.

7.- La impedancia del bucle de defecto (sistemas TN) o la resistencia de puesta a tierra (sistemas IT) es satisfactoria

Grado de inspección		
D	C	V
X		

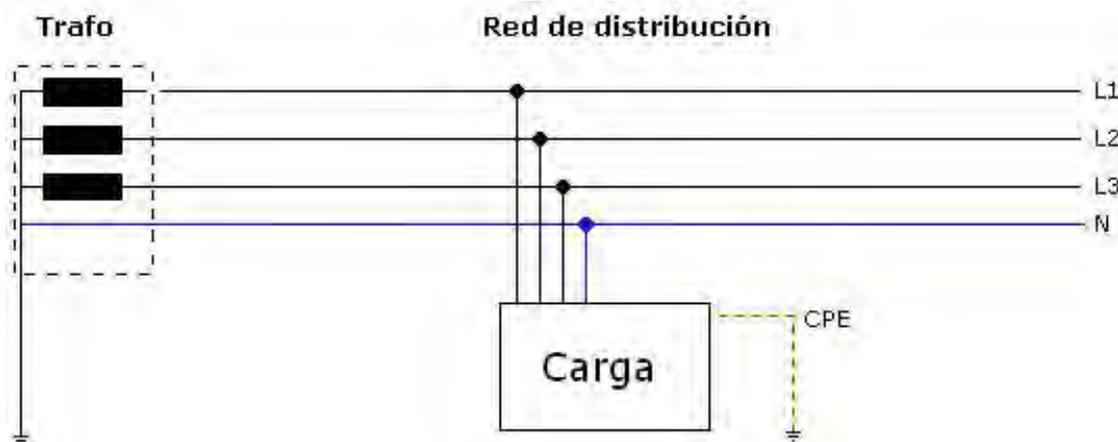
Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	

La limitación de las corrientes de fallo a tierra, tanto su magnitud como su duración, en marcos o envoltentes, y la prevención de potenciales elevados en los conductores de conexión equipotencial son esenciales para la seguridad en zonas clasificadas ATEX. Las comprobaciones que se hagan al respecto dependerán del esquema de protección de tierra que tenga la instalación eléctrica.



ESQUEMAS TT

Es el esquema utilizado mayoritariamente en España. En este esquema el neutro del transformador y las masas metálicas de los receptores se conectan directamente, y sin elemento de protección alguno, a tomas de tierra separadas.



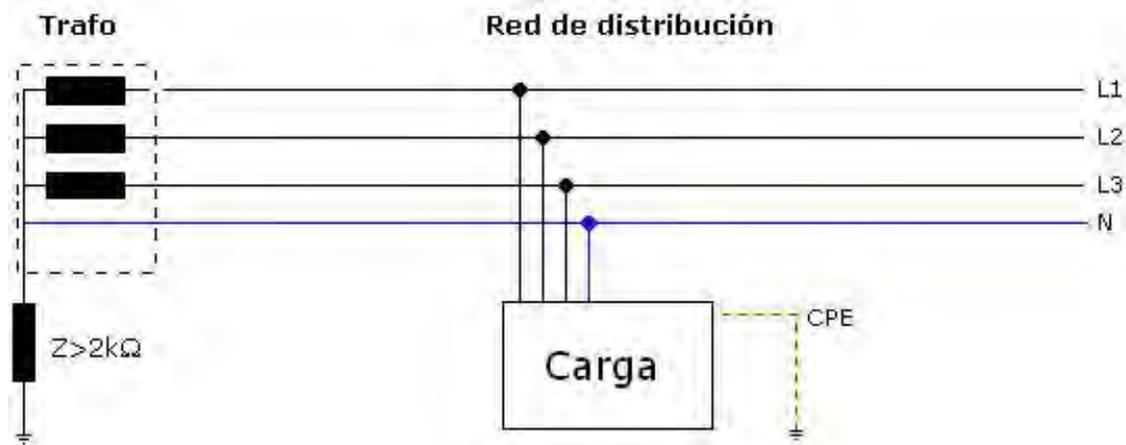
En caso de un defecto de aislamiento se produce una derivación de corriente que circula a través del circuito de tierra. Para proteger de contactos indirectos, se instalan en el circuito interruptores diferenciales que limitan la intensidad que circula por este circuito.

En instalaciones con presencia de atmósferas explosivas los DDR (dispositivos diferenciales para corriente residual) tendrán una intensidad de disparo inferior a 100mA. De este modo se corta la alimentación si existen derivaciones de intensidad superior a este valor de intensidad.

Se comprobarán anualmente los valores de la resistencia de puesta a tierra, siempre en las condiciones más desfavorables, cuando la humedad relativa sea menor, normalmente en verano. El valor de la resistencia a tierra en un esquema TT será inferior a 5 ohmios, de manera que la tensión de defecto de bucle sea lo más baja posible.

ESQUEMA IT

En este tipo de esquema, neutro aislado de tierra o puesto a tierra mediante una impedancia suficientemente alta y las masas metálicas conectadas a una toma de tierra exclusiva.



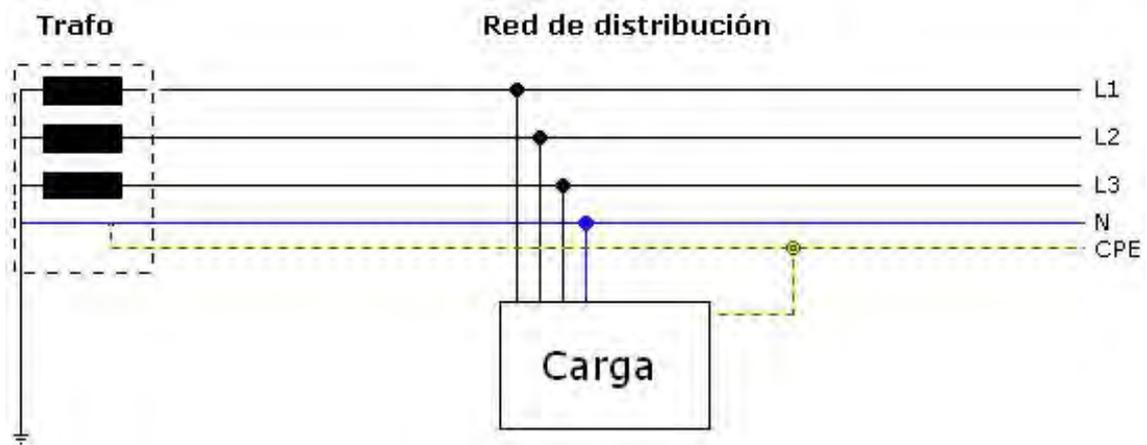
Este esquema permite el funcionamiento sin detención cuando existe un primer fallo de aislamiento. Solo se interrumpe el suministro en el momento en que aparece un segundo fallo. Ello se debe a que en un primer defecto la corriente se encuentra con una resistencia muy grande para retornar al transformador y se puede considerar un circuito abierto. Un segundo contacto provocará una circulación de corriente y actuarán los dispositivos de protección.

Es necesaria la instalación de un dispositivo de control de aislamiento que monitoriza en continuo la instalación, y que en caso de fallo de aislamiento emita una alarma. Este dispositivo desconectará la alimentación siempre que la resistencia de aislamiento no sea mayor de 50Ω por voltio de tensión asignada, en caso de la instalación de seguridad intrínseca, o 2000Ω para la instalación general.

El esquema IT requiere una puesta a tierra totalmente independiente de otras instalaciones ya que, de lo contrario, la corriente podría regresar al transformador y provocar que el primer defecto sea verdaderamente peligroso. Igualmente, las masas metálicas no estarán conectadas a otras de instalaciones diferentes.

ESQUEMA TN

En áreas clasificadas por presencia de atmósferas explosivas solo está permitido el esquema TN-S, en el que los conductores de protección se conectan a un conductor de protección distribuido junto a la línea, y conectado al conductor de neutro en el transformador. La conexión de ambos nunca podrá hacerse en zona clasificada.



En este caso tendríamos que medir la impedancia de bucle de defecto. Es decir, la resistencia que existe entre dos fases, que será lo suficientemente baja como para permitir que las posibles corrientes de defecto causen el salto de los magnetotérmicos o la fundición de los fusibles. Esta impedancia se utilizará, siguiendo la ley de Ohm, para calcular la intensidad de cortocircuito.

$$I_{cc} = V / Z \quad Z \rightarrow 0 \quad \text{entonces } I_{cc} \rightarrow \text{Infinito,}$$

El valor de la intensidad de cortocircuito será superior al valor de corte del interruptor magnetotérmico.

8.- Los dispositivos automáticos de protección eléctrica están ajustados correctamente (no es posible el rearme automático)

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X	X	X	X

Tanto el cableado como el resto de material eléctrico se protegerán contra sobrecargas y efectos negativos de los cortocircuitos y fallos a tierra.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos y contra fallos a tierra impedirán el rearme automático en condiciones de fallo.

En motores trifásicos se adoptarán precauciones para que, en el caso de pérdida de una de las fases, no se pueda producir sobrecalentamiento. Se pueden utilizar dispositivos de advertencia como alternativa a la desconexión automática, ya que esta puede acarrear un mayor riesgo para la instalación.

Para la radiación óptica que incorpora el concepto de seguridad intrínseca se tiene que proporcionar una protección contra fallos de sobre-potencia y energía

para evitar una intensidad excesiva de los haces en atmósfera potencialmente explosivas.

Los circuitos eléctricos, tales como limitadores de corriente y/o tensión colocados entre la fuente óptica y la fuente de potencia eléctrica, pueden proveer una protección de fallo de sobre-potencia similar a los circuitos de seguridad intrínseca.

9.- Los dispositivos automáticos de protección eléctrica operan dentro de los límites permitidos

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	



Para la protección frente a contactos eléctricos indirectos, en esquemas TT, se instalará un interruptor diferencial con un diferencial de corte de 100 mA. Se realizarán las siguientes mediciones:

Se medirá la intensidad de disparo. Para ello se inyecta una corriente de defecto conocida en la carcasa del material eléctrico. La intensidad de disparo estará entre el 50- 100 % del valor de corte del diferencial. Es decir, si el diferencial es de 100mA, el valor de la intensidad de disparo estará entre 50 y

100mA.

También se medirá el tiempo de corte del DDR. El tiempo de disparo es la suma entre el tiempo de disparo mecánico y el tiempo eléctrico. El valor del tiempo de disparo será inferior a 40 ms.

Respecto a la protección contra cortocircuito es necesario realizar la medición de la impedancia de bucle de defecto. Esta impedancia se utilizará siguiendo la ley de ohm para calcular la intensidad de cortocircuito.

$$I_{cc} = V / Z \quad Z \rightarrow 0 \quad \text{entonces } I_{cc} \rightarrow \text{Infinito,}$$

El valor de la intensidad de cortocircuito será superior al valor de corte del interruptor magnetotérmico.



Las máquinas eléctricas rotativas estarán protegidas adicionalmente contra sobrecargas. El dispositivo de protección contra sobrecargas será:

- Un dispositivo de protección retardado, dependiente de la intensidad, que controle las tres fases, ajustado a una intensidad inferior a la intensidad asignada de la máquina y que funcionara durante 2h. o menos a 1,20 veces la intensidad ajustada, y que no funcionará, durante 2h. a 1.05 veces la intensidad ajustada.
- Dispositivos para el control directo de la temperatura mediante sensores de temperatura incorporados.
- Otros dispositivos equivalentes.

10.- Se cumplen las condiciones especiales de utilización (si es aplicable)

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X	X	X	X

Se aplican condiciones especiales para el uso a cualquier tipo de material certificado para su uso en zonas clasificadas en la que en su número de certificación aparezca la letra 'X'. Se estudiarán los documentos de certificación y las instrucciones del fabricante para informarse de cuáles son estas condiciones especiales de uso y asegurarse de que se están cumpliendo.

11.- Los extremos de los cables que no están en servicio, están correctamente protegidos

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X	X	X	X	X	

No está permitida la existencia de conductores desnudos fuera de cuadros de distribución o envoltentes protegidas.

Los extremos de los conductores en zonas clasificadas estarán conectados a tierra o aislados correctamente por medio de terminaciones que sean acordes al modo de protección empleado.

El aislamiento con cinta aislante únicamente, no es admisible en zonas clasificadas.

12.- Las obstrucciones próximas a las juntas antideflagrantes planas son conformes a los requisitos de la Norma UNE EN 60079-14

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X						

Comprobaremos que la distancia mínima entre la junta de brida antideflagrante y el obstáculo sólido cercano a ella, como pueden ser estructuras de acero, muros, tuberías, otro material eléctrico, etc., cumple con las siguientes distancias de acuerdo al grupo de gas.

Grupo de gas	Distancia mínima en mm
IIA	10
IIB	30
IIC	40

Si se han probado en el material distancias inferiores y está documentada la situación, no serán de aplicación los valores contenidos en la tabla.



13.- Las instalaciones de tensión/frecuencia variables están de acuerdo a la documentación

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X			

Para el caso de motores alimentados con frecuencia y tensión variable mediante variador de velocidad o arranque progresivo construidos de acuerdo al modo de protección antideflagrante o bien con el modo de protección 'n':



- se realizará un control directo de la temperatura por medio de sensores de temperatura especificados en la documentación del motor u otras medidas efectivas para limitar la temperatura superficial del motor,
- o bien el motor debe haber sido ensayado de forma conjunta con el convertidor especificado, es decir motor y variador de frecuencia estarán certificados como conjunto.

Para el caso de motores de seguridad aumentada alimentados con frecuencia y tensión variables desde un convertidor, ambos se ensayarán y certificarán para este servicio como un conjunto.

INSTALACIÓN-SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

14.- La función de los sensores de temperatura está de acuerdo con la documentación del fabricante

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X		X			



El sistema calefactor estará concebido de tal forma que, en todas las circunstancias previsibles, la temperatura superficial quede limitada a la clase de temperatura (T1, T2 ...), al valor de la temperatura de inflamación de la sustancia menos 5 °K cuando se trate de equipos para menos de 200 °C o a la temperatura de inflamación menos 10 °K.

Estos valores se pueden alcanzar mediante la utilización de equipos que cuenten con un diseño estabilizado o a través de dispositivos de control de temperatura.

Un sistema está estabilizado a una determinada temperatura ambiente cuando la potencia del cable o cables calefactores es exactamente igual a las pérdidas de la tubería o equipo a través del aislamiento térmico debido a la diferencia entre su temperatura y la temperatura ambiente.

De esta forma no resulta posible que se pueda incrementar la temperatura de la tubería, ya que en este caso aumentaría la pérdida y sería superior esta a la potencia que puede aportar el equipo.

El sistema de tuberías estará aislado con un mínimo de 25 mm de aislamiento térmico.





En el caso del control de temperatura se requiere de la utilización de un termostato doble o bien de dos termostatos para limitar la temperatura superficial máxima.

En el caso de una zona 1, dejará el sistema sin tensión para prevenir esta situación. En caso de un error o daño en el sensor, el sistema de calefacción quedará sin tensión antes de reemplazar el equipo defectuoso. El sistema será independiente del sistema de supervisión de temperatura.

Los dos termostatos serán independientes y tienen como misión controlar la temperatura a mantener y limitar la temperatura en la tubería o equipo para que no se rebase la de trabajo del calefactor.



El funcionamiento de estos termostatos va ligado a la colocación de sensores en la superficie del equipo a calentar.

El sensor de regulación de la temperatura se puede situar en el punto más adecuado del proceso y su termostato se regulará a la temperatura que se desee mantener.

El de limitación de temperatura se situará en el punto donde se prevea que se puede alcanzar la máxima temperatura del proceso y el termostato se

regulará a la máxima temperatura de trabajo del calefactor, que estará siempre por debajo de la temperatura de ignición del gas o vapor.

En el caso de una zona 2 se puede utilizar un único control de temperatura con aviso de fallo

15.- La función de los dispositivos de corte por seguridad está de acuerdo a la documentación del fabricante

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X		X			

Los requisitos para la utilización del sistema de calefactores para traceado en cuanto a la protección de los circuitos de conexión son las siguientes:

- Disponer de un medio de seccionamiento de las fases de alimentación.
- Disponer de protección contra sobre intensidades para cada circuito de conexión.
- Disponer de un medio de protección frente a los fallos a tierra.

El seccionamiento de fases se consigue a través de un interruptor de corte omnipolar.

La protección frente a sobreintensidades la podemos realizar a través de magnetotérmicos, teniendo en cuenta las indicaciones que el fabricante nos proporciona sobre las características del equipo.

LONGITUD MÁXIMA DEL CIRCUITO CON MAGNETOTÉRMICOS CURVA TIPO C SEGÚN NORMA EN 60898

Calibre de protección eléctrica	Temperatura de arranque	Longitud máxima de cable calefactor por circuito [m]		
25 A	-20 °C	95	75	80
	+10 °C	115	95	75
32 A	-20 °C	115	100	75
	+10 °C	115	100	95
40 A	-20 °C	115	100	95
	+10 °C	115	100	115

Ejemplo para cables calefactores autorregulantes QTVR de Pentair.



Cable calefactor	Tensión (V CA)	Potencia nominal de salida (W/m)	Potencia máx. de salida (W/m)	Clasificación de temperatura				
				T6 (85 °C)	T5 (100 °C)	T4 (135 °C)	T3 (200 °C)	T2 (260 °C)
10FxT2-CT	230	10	12,7	8°C	26°C	69°C	147°C	225°C
20FxT2-CT	230	20	25,5	-	-	19°C	109°C	200°C
30FxT2-CT	230	30	38,2	-	-	-	65°C	169°C
40FHT2-CT	230	40	51	-	-	-	8°C	131°C
10FHT4-CT	400	10	12,7	30°C	48°C	90°C	169°C	247°C
20FHT4-CT	400	20	25,5	-	-	30°C	121°C	212°C
30FHT4-CT	400	30	38,2	-	-	-	95°C	195°C

Ejemplo para cables calefactores de potencia constante FMT Y FHT de Pentair.

Por último, la protección frente a los fallos a tierra se consigue a través de la colocación de dispositivos diferenciales, cuya ubicación, se recomienda, sea en el panel de control. Los operarios del panel de control conocerán que en caso de fallo, el dispositivo no se rearmará de inmediato hasta no conocer las causas del fallo.

El método de protección dependerá del sistema de puesta a tierra

Sistema TT y TN.

Se instalará un DDR (dispositivo diferencial para corriente residual) que no exceda de 100 mA de sensibilidad, preferentemente con una sensibilidad de 30 mA. El tiempo de corte no excederá de los siguientes valores:

TIPO	I_N (A)	$I_{\Delta N}$ (A)	TIEMPO DE RESPUESTA (s)			
			$I_{\Delta N}$	$2 \cdot I_{\Delta N}$	$5 \cdot I_{\Delta N}$	Intensidad ascendente
General	Cualquier valor	Cualquier valor	0,3	0,15	0,04	0,04
S	≥ 25	$> 0,030$	0,13	0,06	0,05	0,04

Sistema IT.

Se instalará un sistema de control de aislamiento para que desconecte la instalación en caso de que la resistencia de aislamiento no supere los 50 Ω/V de la tensión asignada

16.- El ajuste por corte de seguridad está sellado

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X					

El termostato se bloqueará y sellará de cara a que no se puedan realizar modificaciones una vez puesto en servicio. En caso de disparo, y antes de rearmarlo, hay que realizar una investigación de las causas y realizar las correcciones necesarias.



17.- Sólo es posible realizar el rearme del corte por seguridad de un sistema de calefacción con una herramienta

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X					

Según la Norma UNE EN 60079-30-1 el rearme del corte de seguridad, para una Zona 1, cumplirá los siguientes requisitos:

- Rearmado sólo a mano.
- Sólo es posible el rearmado después de que hayan retornado las condiciones de funcionamiento normales, o si el estado de la conexión se controla continuamente.



- Se requiere un bloqueo con llave o con una herramienta para el rearmado.
 - Establecimiento de la temperatura de manera segura y bloqueada para prevenir su manipulación
 - Control que dejará el circuito sin tensión si falla el sensor

Para una Zona 2 se puede utilizar un sistema de control de temperatura con aviso de fallo, aunque en este caso se proveerá la adecuada supervisión de la señal de fallo mediante un sistema de supervisión de 24 horas

18.- No es posible el rearmado automático

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X		X	X					

Necesariamente, según la Norma UNE EN 60079-30-1, los equipos de corte de seguridad del sistema estarán provistos de un sistema de rearme manual.

19.- Se impide el rearme de un corte por seguridad bajo condiciones de fallo

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X					

Este apartado tiene las mismas consideraciones que el punto 17.

20.- El corte por seguridad es independiente del sistema de control

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X					

Este apartado tiene las mismas consideraciones que el punto 17.

21.- El interruptor de nivel está instalado y ajustado correctamente si se requiere

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X					

En el caso de aplicaciones críticas donde se requiere un rango estrecho de temperaturas (tipo III), se pueden requerir alarmas específicas que diagnostiquen el sistema como pueden ser interruptores de nivel en depósitos. Pueden actuar sobre una alarma o sobre el sistema de protección del circuito.

22.- El interruptor de caudal está instalado y ajustado correctamente si se requiere

Grado de inspección			Tipo de envoltente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X			X	X					

Sería igual para el caso de una tubería.



INSTALACIÓN-MOTORES

1.- Los dispositivos de protección del motor operan dentro de los límites de tiempo t_E permitidos

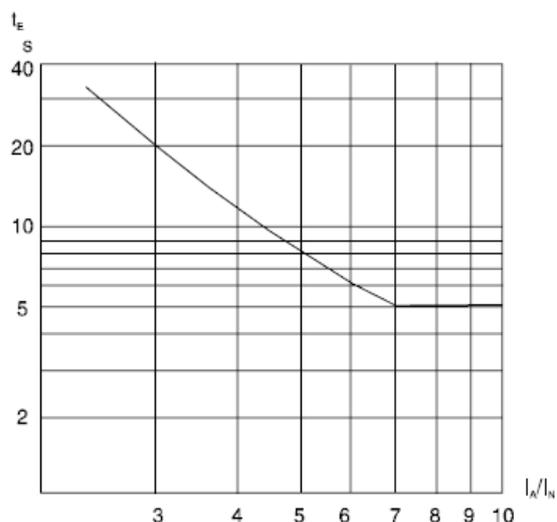
Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X				X					

En ningún caso la temperatura del rotor puede sobrepasar aquella temperatura que determina la estabilidad térmica de los materiales utilizados, incluso durante el arranque. Para evitar que el motor alcance esta temperatura, se puede utilizar un dispositivo de control dependiente de la intensidad de corriente.



En este caso es necesario identificar, en la placa de características del motor, la relación I_A/I_N , relación entre la intensidad de arranque y la intensidad nominal del motor, y el tiempo t_E , que es el tiempo de corte de corriente del dispositivo.

Se verificará que con un consumo máximo de corriente por parte del motor, (intensidad de arranque, bloqueo de motor, etc.) el tiempo en el que el dispositivo de control corta la



alimentación es siempre menor que el t_E , indicado en la placa de características del motor.

El usuario guardará la curva del relé instalado donde se indica el tiempo que tarda la desconexión en función de la relación de intensidades.



C.- MEDIO AMBIENTE

1.- El equipo está protegido adecuadamente contra la corrosión, la intemperie, las vibraciones y otros factores adversos

Grado de inspección			Tipo de envolvente						
D	C	V	d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Comprobar:

- El deterioro en los componentes plásticos o elastoméricos si el equipo se ve afectado en el modo y grado de protección ante la penetración.
- La ausencia de fisuras en los componentes de material plástico.
- El buen estado de las juntas de estanqueidad.
- Que los cierres y entradas de cable están apretados si hay posibilidad de vibraciones.
- El rango de temperaturas de utilización del equipo.

En las envolventes metálicas se recomienda el tratamiento contra la corrosión.

Hay que determinar si es necesaria la utilización de dispositivos anticorrosión y de drenaje.



2.- No existe acumulación anormal de polvo y suciedad

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
X	X	X	X	X	X	

La presencia de polvo o suciedad puede generar un incremento de temperatura, por lo que hay que comprobar exceso de acumulación de polvo en el interior de las envolventes.



3.- Los aislantes eléctricos están limpios y secos

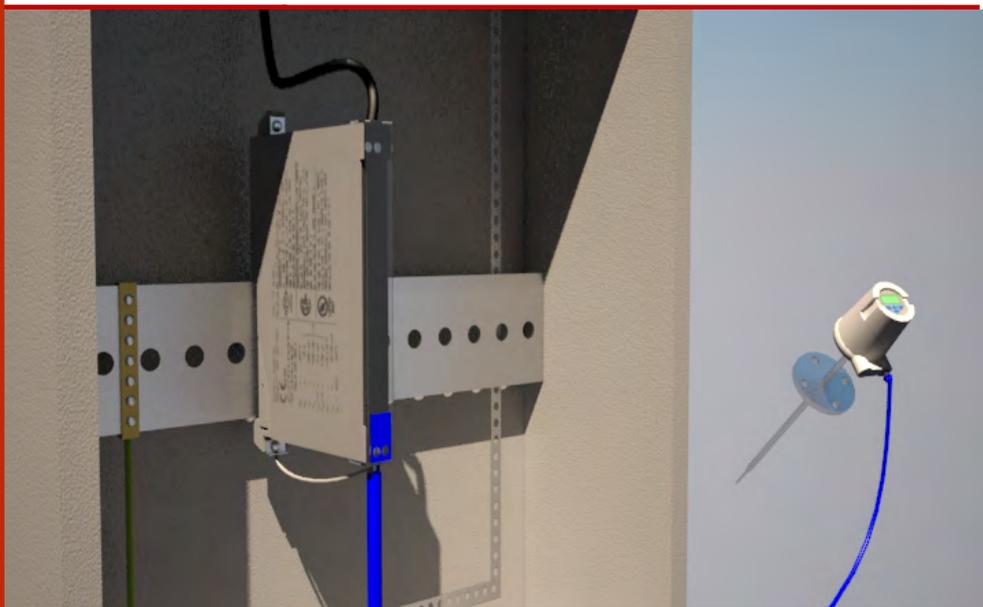
Grado de inspección		
D	C	V
X		

Tipo de envolvente						
d	e	n	t	m	q	op
	X	X	X	X	X	

Se comprobará la ausencia de humedad en las partes aislantes de la envolvente.



5.-Lista de chequeo del modo: Seguridad intrínseca





A.- MATERIAL

1.- La documentación del circuito y/o material es adecuada al EPL/emplazamiento

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Todo el material que vamos a ubicar en la zona clasificada o aquello que controla su funcionamiento, estará certificado. Sería el caso de las barreras o aisladores galvánicos que evitan que los equipos utilizados en zonas clasificadas superen los que denominamos parámetros de entidad del aparato. Hay que comprobar por tanto que, dependiendo del tipo de zona que tenemos en la clasificación de áreas, el nivel de seguridad intrínseca es el adecuado. Recordemos que una seguridad intrínseca en modo "ia" se correspondería con una zona 0 o zona 20, la "ib" sería válida para zona 1 o zona 21 y la "ic" sería adecuado para una zona 2 o zona 22.



Como mínimo deberíamos comprobarlo en la placa de marcado del equipo aunque es recomendable que se haga esa comprobación en el certificado del equipo.



2.- El material instalado es el que se especifica en la documentación

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Recordemos que un sistema eléctrico de seguridad intrínseca es aquel en el que hay un "conjunto de objetos interconectados del material eléctrico, descrito en un documento descriptivo del sistema, en el que los circuitos o partes de los circuitos destinados a su utilización en una atmósfera explosiva, son circuitos de seguridad intrínseca".

En el documento descriptivo del sistema, obligatorio según la Norma UNE EN 60079-25, deben aparecer los parámetros eléctricos del material y los del cableado de conexión.

La norma admite que el sistema de seguridad intrínseca se encuentre certificado, para lo cual el diseñador lo somete al análisis de un organismo notificado y, por tanto, aparecería un certificado de conformidad, o por el contrario, podríamos encontrarnos un sistema no certificado en el que el diseñador asume la responsabilidad y justifica mediante cálculos en el documento el mantenimiento de la seguridad intrínseca. Salvo en el caso del material simple, todos los equipos utilizados estarán certificados. En el caso de los sistemas no certificados existirá un marcado en el que aparezca el número o la referencia del documento descriptivo del sistema.

3.- La categoría y el grupo del circuito y/o material son los correctos

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Deberíamos, en cualquier caso, tener en cuenta el tipo de gas presente en la zona para definir el grupo de gas (IIA, IIB o IIC) o la naturaleza conductora o no conductora de las partículas sólidas así como su combustibilidad. Es necesario conocer también el tipo de zona donde se encuentra ubicado el material.

4. El grado IP del material es adecuado para el material del grupo III existente

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Las cifras IP nos dan una referencia de la protección del equipo frente a la penetración de partículas sólidas (primera cifra) o frente a la penetración de líquidos (segunda cifra).

En el caso de la seguridad intrínseca nos interesa el grado de protección frente a partículas sólidas, de tal forma que un IP 6X nos dice que el material es hermético frente a la entrada de polvo, mientras que un IP 5X nos identifica un material en el que puede penetrar polvo pero en cantidades no perjudiciales.



En el caso del grupo III, sería necesario un IP5X cuando la separación se consigue cumpliendo los requisitos de distancia de aislamiento o línea de fuga. Si la separación se consigue mediante revestimiento, relleno o aislante sólido, la envolvente proporcionará un IP2X.

Con los datos referidos en el "ítem" anterior (combustibilidad, naturaleza conductora o no de las partículas sólidas y el tipo de zona) tendremos que identificar la idoneidad del material.



5.- La clase de temperatura del material es correcta

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

La identificación de la clase de temperatura irá en función de la temperatura de autoignición de la sustancia en forma de gas o de la temperatura de inflamación en forma de capa o en forma de nube de las partículas sólidas.

Recordemos lo que nos dice la Norma UNE EN 1127-1 en el caso de gases. Para equipos de categoría 1 o EPL Ga, la temperatura superficial del equipo no alcanzara el 80% de la temperatura de ignición del gas o líquido combustible. Para la categoría 2 o EPL Gb si no hay un medio de que la sustancia se pueda calentar hasta alcanzar la temperatura superficial del equipo en cuestión, también se deberá limitar hasta el 80% de la temperatura de ignición. Por último, para la categoría 3, la temperatura superficial no alcanzará la de autoignición de la sustancia en cuestión.

En el caso de partículas sólidas la temperatura superficial que pueden alcanzar los equipos en las 3 categorías será el menor de los siguientes valores.

- 2/3 del calor de la temperatura de inflamación en nube o
- la temperatura de inflamación en forma de capa menos 75 °C si la capa de polvo es menor de 5 mm. Si es superior, habrá que tener en cuenta el espesor de dicha capa de polvo y aplicarle el correspondiente valor de minoración.

Para el caso de gases aparecerá el grupo de temperatura de T1 a T6. Si la temperatura superficial es superior a 450 °C se marcará únicamente con la temperatura superficial máxima en grados centígrados. Por ejemplo 600 °C.

En el caso de que el material se utilice para un gas en particular, no es necesario que aparezca la clase de temperatura (Norma UNE EN 60079-0, marcado para gases).

Para el material asociado que se ubica fuera de la zona clasificada no aparece la clase de temperatura.

Por último en el caso de partículas sólidas aparece la letra "T" seguida de la temperatura superficial máxima en grados centígrados. Por ejemplo T 150 °C.

6.- El rango de temperaturas ambientales del material es correcto para la instalación

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

Los equipos se diseñan para funcionar en un rango de temperaturas ambientales de entre -20°C y $+40^{\circ}\text{C}$. En el caso de que se prevea un funcionamiento en condiciones diferentes, en el marcado aparecerá T_a o T_{amb} junto con la temperatura ambiental mayor y menor. Si es posible se acompañará de un marcado con la letra "X" para indicar condiciones específicas de uso.



7.- El rango de temperaturas de servicio del equipo es correcto para la instalación

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

La Norma UNE EN 60079-0 nos dice que debemos considerar la temperatura de servicio como aquella que se alcanza en funcionamiento normal del equipo, sin tener en cuenta posibles anomalías que puedan aparecer. Esta temperatura es la que aparece en la parte más caliente de la envolvente metálica o no metálica dependiendo del modo de protección. Este dato aparecerá en la documentación del equipo.



8.- La instalación está claramente identificada

Grado de inspección		
D	C	V
X		

El cableado de la instalación se marcará para identificarlo como parte de un circuito de seguridad intrínseca. Se utiliza el color azul en la cubierta para dicho fin. En este caso no podemos utilizar ese mismo color para identificar otros circuitos diferentes de la seguridad intrínseca.



En el interior de cuadros o cabinas podemos encontrar conductores con el mismo color (caso del conductor neutro de la instalación de alumbrado o fuerza). En estos casos es importante identificar mediante etiquetado los diferentes circuitos. Por ejemplo la letra "N" nos identificaría el conductor neutro, en tanto que un número nos podría servir para un circuito de seguridad intrínseca.

Además, se puede identificar el material de las siguientes formas:

- Etiqueta permanente que especifica la fuente de la alimentación.
- Identificación en el material o en el cable en las proximidades del mismo.
- El elemento está identificado de forma clara y precisa en el plano.



9.- La envolvente, las piezas de vidrio y los sellados mediante juntas y/o compuestos de las uniones vidrio metal, son satisfactorios

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Es necesario que el material de seguridad intrínseca se encuentre dentro de una envolvente cuando pueda degradarse por la entrada de vaho o de polvo.

Cuando el material instalado en presencia de gases o vapores, cumple con las distancias en el aire, líneas de fuga y distancias de separación hay que disponer de una protección para alcanzar un grado de contaminación 2. Esto se puede conseguir con una IP54, una envolvente IP20 con revestimiento, relleno o aislante sólido o una IP20 con instalación restringida especificada en las condiciones de uso particulares que se especifican en el certificado (marcado con letra "X").

Cuando el grado de protección de la envolvente dependa de una junta encajada que esté prevista para abrirse, se deben asegurar las juntas a una de las caras y no se adherirán a la otra cara. Para unir la junta a una cara se puede utilizar un adhesivo.



10.- Los prensaestopas y los tapones ciegos son del tipo correcto, completos y apretados

- **Comprobación física**
- **Comprobación visual**

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

La verificación del apriete del prensaestopa puede realizarse a mano.

Tanto los prensaestopas como los tapones de obturación estarán certificados y serán instalados de acuerdo a los criterios del fabricante. No se invalidarán las características específicas del modo de protección del material eléctrico sobre el que están montados. Es importante aplicar este concepto al rango de las



dimensiones del cable de acuerdo a la información facilitada por el fabricante del prensaestopa.

El sellado entre los cables y el cuerpo del prensaestopa se puede conseguir mediante:

- Anillo de sellado de elastómero.
- Anillo de estanqueidad metálico o de material compuesto.
- Compuesto de relleno.

El material de sellado del prensaestopa en este último caso, incluirá una declaración del fabricante que muestre que el material utilizado tiene una estabilidad térmica para la temperatura mínima y máxima de servicio.

Los elementos de obturación sólo pueden retirarse mediante el uso de una herramienta.

11.- No hay modificaciones no autorizadas

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Las modificaciones que podríamos encontrar en los equipos o aparatos de seguridad intrínseca se pueden referir sobre todo a la circuitería de estos o del material asociado.



El método utilizado para revestir las placas se especificará en la documentación en conformidad con los requisitos de documentación de la Norma UNE EN 60079-0. El revestimiento se aplicará a los circuitos o partes de los circuitos con sus componentes ensamblados cuando el

revestimiento recubre los puntos de conexión, las uniones soldadas y las partes conductoras de cualquier componente.

Al llevar un revestimiento las conexiones con el objeto de evitar la humedad, es fácilmente detectable alguna modificación en los equipos. Es un hecho que, dependiendo del fabricante, se proceda a sellar las aberturas, de tal forma que sin necesidad de abrirlo se pueda comprobar la manipulación de los mismos.

12.- No hay evidencia de modificaciones no autorizadas

Grado de inspección		
D	C	V
	X	X

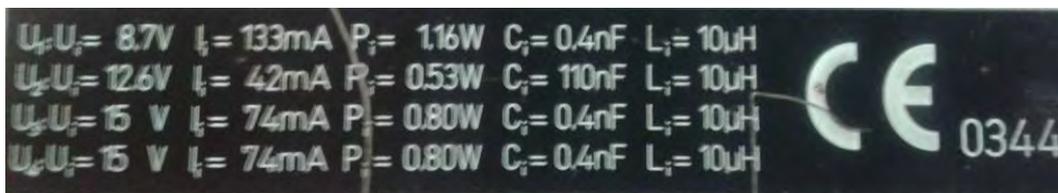
Comprobaremos que las envolventes del material no han sido abiertas o manipuladas.

13.- Las barreras de seguridad de diodos, los aisladores galvánicos, los relés y otros dispositivos de limitación de energía son de un tipo aprobado, instalados de acuerdo con los requisitos de certificación y están adecuadamente puestos a tierra, cuando sea necesario

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

El conjunto del Lazo cumplirá con las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}
 U_0 &< U_i \\
 I_0 &< I_i \\
 P_0 &< P_i \\
 L_0 &> L_i \\
 C_0 &> C_i \\
 L_0 &> L_{\text{cable}} + L_i \\
 C_0 &> C_{\text{cable}} + C_i
 \end{aligned}$$



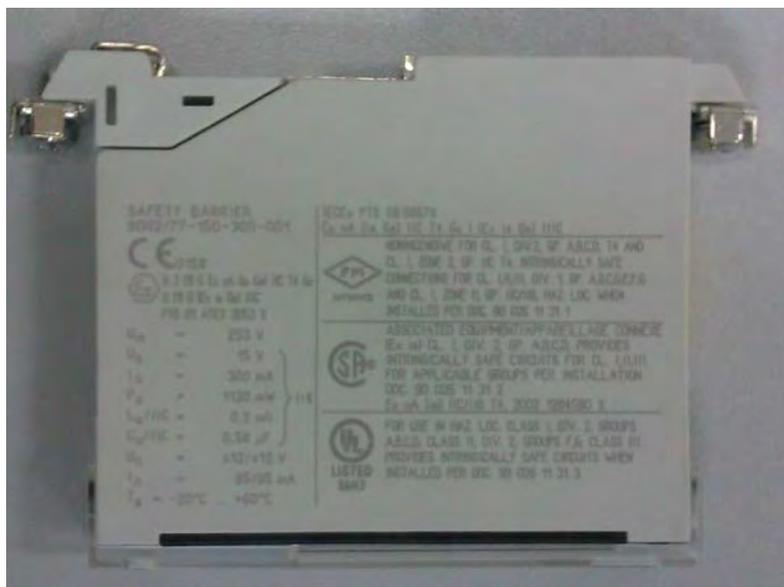
Siendo los valores "sub o" los parámetros correspondientes al material asociado y los valores "sub i" los del material que vamos a ubicar en la zona clasificada.



Cumplirá igualmente que:

$$L_C/R_C < L_0/R_{MAX}$$

Siendo los valores "sub c" los correspondientes al cable.



Cuando la inductancia o capacitancia total efectiva o ambos términos no sean mayores del 1% de L_0 y C_0 respectivamente, entonces la inductancia o capacitancia permitidas del cable de interconexión se determina restando valores efectivos a L_0 y C_0 de la fuente de alimentación

$$\text{Si } L_i < 1\% * L_0 \quad \text{o} \quad C_i < 1\% * C_0$$

$$L_{\text{cable}} = L_0 - L_i$$

$$C_{\text{cable}} = C_0 - C_i$$

En caso contrario se aplicará el valor dado por la siguiente ecuación

$$\text{Si } L_i > 1\% * L_0 \quad \text{y} \quad C_i > 1\% * C_0$$

$$L_{\text{cable}} = L_0/2 - L_i$$

$$C_{\text{cable}} = C_0/2 - C_i$$

Siendo:

U Tensión

I Intensidad

P Potencia

L Inductancia

C Capacitancia

R_{max} Resistencia de la barrera

Además de cualquier elemento de conexión del circuito que pueda ser puesto al potencial de tierra, la barrera tendrá al menos un elemento de conexión suplementario o estará provista de un conductor aislado, con una sección de al menos 4 mm², para la conexión suplementaria de tierra.

14.- El estado de las juntas de las envolventes es satisfactorio

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Habrá que comprobar si las juntas mantienen el grado de protección IP 2X o IP 5X según el caso reflejado en el punto 9 de esta lista de chequeo.

15.- Las conexiones eléctricas están firmes

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Verificaremos el grado de apriete del cableado a los bornes de conexión.

16.- Las tarjetas del circuito impreso están limpias y sin daño

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Se verificará el buen estado del revestimiento de las tarjetas teniendo en cuenta lo comentado en el punto 11 de esta lista de chequeo.



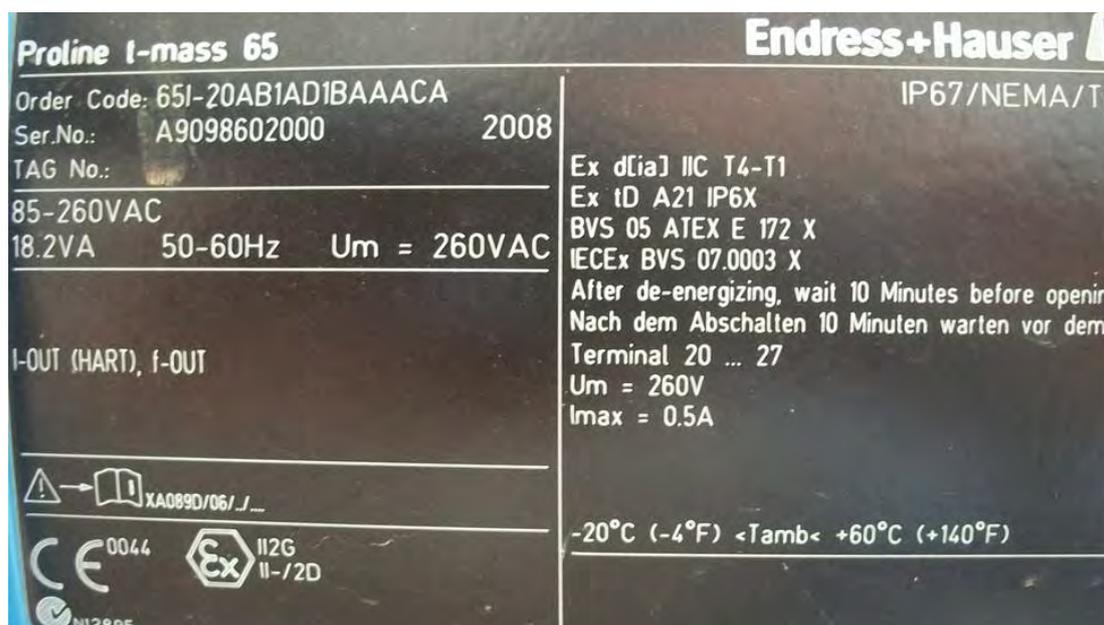
Se comprobará la ausencia de humedad en el equipo.



17.- Se supera la máxima tensión de los equipos asociados U_m

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

El material eléctrico conectado a los bornes que no son de seguridad intrínseca de un equipo asociado, no se alimentará con una tensión superior a la U_m indicada en la etiqueta del equipo asociado.



Si la U_m del equipo asociado es inferior a 250 V estará instalado de acuerdo a uno de los siguientes puntos:

- Si U_m no excede de 50 V en corriente alterna o 120 en continua, se alimentará en un sistema de MBTS o de MBTP.
- A través de un transformador de aislamiento de seguridad (Norma UNE EN 61558-2-6).
- Directamente conectado al equipo en los casos de ensayo y medida, de control de procesos industriales o de laboratorio alimentados en todo caso con una fuente alimentación que cumpla con los requisitos de la Norma UNE EN 61558-2-6.
- Estar alimentado directamente de batería.

B.- INSTALACIÓN

1.- Los cables están instalados de acuerdo con la documentación

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Los cables utilizados en los circuitos de seguridad intrínseca estarán concebidos con un nivel de aislamiento para 500 V en corriente alterna y 750 V en corriente continua. El diámetro de los conductores en el emplazamiento peligroso no será inferior a 0.1 mm^2 .

La instalación de los circuitos de seguridad intrínseca se realizará de forma que no se vea afectada por campos eléctricos o magnéticos externos.

Los conductores de circuitos de seguridad intrínseca no estarán en la misma agrupación o conducto que los conductores de circuitos que no sean de seguridad intrínseca, salvo que estén separados por una capa de material aislante o una partición metálica conectada a tierra. No se requiere ninguna separación si se utilizan cubiertas metálicas o pantallas.

2.- Las pantallas de los cables están puestas a tierra de acuerdo con la documentación

Grado de inspección		
D	C	V
X		

La pantalla del cableado de los circuitos de seguridad intrínseca estará puesta a tierra en un solo punto ubicado fuera de la zona peligrosa. En los siguientes casos también puede ponerse a tierra la pantalla en otros lugares diferentes.





- Cuando se requiere una protección frente a interferencias inductivas o cuando la pantalla tenga una alta resistencia siempre que:
 - El conductor de tierra aislado tenga más de 4 mm² de sección aunque se recomienda 16 mm²
 - El conjunto conductor de tierra aislado más la pantalla resista un ensayo de aislamiento de 500 V del resto de los conductores y de la armadura
 - El conductor de tierra aislado y la pantalla estén conectados en el mismo punto fuera de la zona peligrosa
 - El conductor de tierra esté protegido frente a los daños mecánicos (por ejemplo ir bajo tubo)
 - Se comprobará que $L_C/R_C < L_O/R_{MAX}$
- Si hay un buen mantenimiento de la instalación y se garantiza que hay igualdad de potencial en ambos extremos del circuito se pueden conectar a tierra en ambos extremos e incluso en algún punto intermedio.
- También se puede realizar una puesta a tierra múltiple utilizando condensadores pequeños (1 nF y 1500 V).

3.- No existe daño evidente a los cables

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X



Comprobar que el cableado no tiene posibilidad de estar sometido a daños mecánicos, corrosión, influencias químicas efectos de la radiación UV. Si esto no ocurre, el cableado irá bajo tubo o se utilizará cable armado, apantallado, con cubierta de aluminio sin soldadura, con aislamiento mineral y cubierta metálica o cables con cubierta semirrígida.

Cuando el cable se fija al material o bandeja porta cables, el radio de curvatura será al menos 8 veces el diámetro o se tendrá en cuenta los datos proporcionados por el fabricante. A la entrada del prensaestopas la curva comenzará a 25 mm del mismo.

4.- El sellado de canales, conductos, conducciones y/o tubos es correcto

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Los tubos estarán sellados a la entrada o salida de los emplazamientos peligrosos para evitar la transmisión de gases o líquidos fuera de la zona.



El dispositivo se sellará alrededor de la cubierta exterior del cable o alrededor de los conductos individuales en el interior del tubo. Será impermeable y no se verá afectado por los productos químicos.

Si el tubo está conectado a una envolvente y es necesario mantener el IP, el conducto estará provisto de un dispositivo de sellado adyacente a la envolvente.

5.- Todas las conexiones punto a punto son correctas (solo en la inspección inicial)

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Los bornes de conexión de los circuitos de seguridad intrínseca estarán separados del resto de los circuitos mediante:

- Separación por distancia de al menos 50 mm.
- Por partición aislante o metálica.

Las particiones utilizadas se prolongarán hasta al menos 1.5 mm de la pared de la envolvente, asegurando una distancia mínima de 50 mm entre las partes conductoras de los bornes.

Si son metálicas estarán conectadas a tierra y si son no metálicas no se deformarán fácilmente. Se requiere para esto último un espesor de 0.9 mm.



La envolvente donde se realice la unión será de un modo de protección adecuado según el EPL del lugar.

Si no está sometida a esfuerzos mecánicos, estará rellena de epoxi, compuestos de relleno o con un manguito de relleno endurecible por calor o frío.

6.- En los circuitos no aislados galvánicamente la continuidad de las conexiones a tierra es satisfactoria (por ejemplo, las conexiones están firmes y los conductores tienen una sección suficiente)

Grado de inspección		
D	C	V
X		

En la inspección inicial hay que medir la resistencia de la conexión a tierra entre circuitos de seguridad intrínseca y el punto de puesta a tierra. El equipo utilizado será adecuado para su utilización en circuitos de seguridad intrínseca cuando las conexiones evidencien una degradación hay que hacer una medición periódica.

Los bornes de puesta a tierra de las barreras de seguridad estarán conectados al sistema de unión equipotencial. La sección de estos conductores de cobre será mayor o igual a 4 mm². En los sistemas TN-S hay que lograr un valor de resistencia de puesta a tierra de menos de 1 Ω.

La sección transversal de la conexión a tierra debe constar de:

- Al menos dos conductores separados cada uno con una sección mínima de cobre de 1,5 mm²
- Un conductor de cobre de 4 mm²

Tanto los conductores de unión equipotencial como los de tierra estarán aislados.



7.- Las conexiones a tierra mantienen la integridad del modo de protección

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Hay que medir la resistencia de las conexiones a tierra necesarias para mantener la integridad del sistema, por ejemplo, la pantalla de puesta a tierra del transformador, la masa de los relés de las barreras de seguridad.



La medición hay que realizarla con instrumentos específicos para su uso en circuitos de seguridad intrínseca.

Los requisitos para medir la resistencia de puesta a tierra del equipo asociado son los mismos que los requeridos para le medición de otros equipos ubicados fuera de la zona peligrosa.

8.- La puesta a tierra del circuito de seguridad intrínseca es satisfactoria

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Hay que comprobar el aislamiento de los circuitos de seguridad intrínseca para verificar que efectivamente están puestos a tierra.

Como para realizar la medición hay que desconectar los circuitos de puesta a tierra, esta operación sólo se puede realizar si la planta no presenta riesgos o se desconecta la alimentación de todos los circuitos dependientes de la conexión a tierra.

La medición se realiza por muestreo.

9.- La resistencia de aislamiento es satisfactoria

Grado de inspección		
D	C	V
X		

La resistencia de aislamiento de los equipos y su cableado se medirá a 500 V en corriente alterna o 750 V en corriente continua. El valor de la resistencia será al menos 1 M Ω o la que se especifique en la documentación del equipo.

Para los cables multipolares el ensayo hay que hacerlo además con 1000 V en corriente alterna o 1500 V en continua aplicados a una agrupación que



comprenda la mitad de los núcleos de los cables unidos y una agrupación que comprenda la otra mitad.

La medición hay que realizarla con equipos específicos.

10.- Se mantiene la separación entre circuitos de seguridad intrínseca y circuitos que no son de seguridad intrínseca, en una misma caja de distribución o en una misma caja de relés

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Hay que verificar las cajas de unión y las envolventes que contienen los equipos asociados para comprobar la segregación de los diferentes cableados.

Verificaremos la separación por distancia o mediante el uso de pantallas de acuerdo a lo que aparece en el punto 5.

Se garantizará que los cables de seguridad intrínseca no puedan conectarse inadvertidamente a los circuitos que no son de seguridad intrínseca. Esto se logra cuando:

- Se separan los diferentes tipos de cables de los circuitos.
- Se colocan los cables de manera que estén protegidos frente al riesgo mecánico.
- Utilizando cable armado, con cubierta metálica o apantallados.

Los barnices o revestimientos similares se considerarán como un aislante sólido.

11.- La protección contra cortocircuitos de la fuente de alimentación está de acuerdo con la documentación

Grado de inspección		
D	C	V
X		

La protección puede ser:

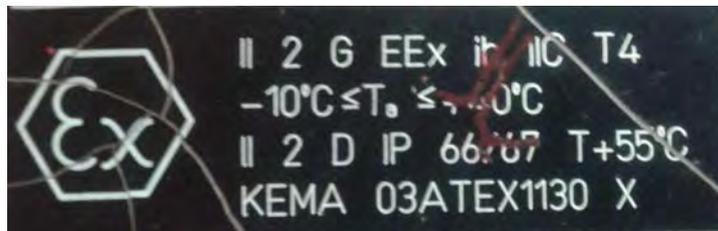
- Dispositivo de protección con retardo y dependiente de la intensidad que controle las 3 fases, ajustado a la intensidad de la máquina y que funcionará a menos de 2 horas a 1.20 veces la intensidad ajustada y durante más de 2 horas a 1.05 veces la intensidad del equipo.

- Un dispositivo para el control directo de la temperatura mediante sensores de temperatura incorporados.
- Otro dispositivo equivalente.

12.- Se cumplen las condiciones especiales de utilización (si es de aplicación)

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Si en el marcado y el certificado aparece junto con el número una letra "X" debemos tener en cuenta los documentos de certificación para conocer las condiciones específicas de utilización que nos da el fabricante del equipo o componente.



13.- Los extremos de los cables que no están en servicio están correctamente protegidos

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Si un equipo se retira para una reparación, los cables deben estar:

- Correctamente protegidos en una envolvente adecuada, o
- desconectados de toda fuente de energía y aislados, o
- desconectados de toda fuente de energía y puestos a tierra.

Si el equipo se retira de forma permanente, los cables se desconectarán de toda fuente de energía y:

- Debe ser eliminado, o
- terminado correctamente en una envolvente apropiada; o
- se pondrá a tierra sólo en un extremo y el otro extremo del cable se aislará con un medio seguro.

Los núcleos no utilizados de un cable multipolar deben:



- Estar aislados de tierra y de los demás en ambos extremos mediante el uso de terminaciones, o
 - si otros circuitos de seguridad intrínseca tienen una conexión a tierra, los circuitos no utilizados se conectarán a la misma tierra en el mismo punto. Se aislará el otro extremo del resto de los circuitos utilizados y de la tierra mediante terminaciones adecuadas.

C.- MEDIO AMBIENTE

1.- El equipo está protegido adecuadamente contra la corrosión, la intemperie, las vibraciones y otros factores adversos

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Comprobar:

- El deterioro en los componentes plásticos o elastoméricos si el equipo se ve afectado en el modo y grado de protección ante la penetración.
- La ausencia de fisuras en los componentes de material plástico.
- El buen estado de las juntas de estanqueidad.
- Que los cierres y entradas de cable están apretados si hay posibilidad de vibraciones.
- El rango de temperaturas de utilización del equipo.

En las envolventes metálicas se recomienda el tratamiento contra la corrosión.

Hay que determinar si es necesaria la utilización de dispositivos anticondensación y de drenaje.

2.- No existe acumulación anormal de polvo y suciedad

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

La presencia de polvo o suciedad puede generar un incremento de temperatura, por lo que hay que comprobar el exceso de acumulación de polvo en el interior de las envolventes.



6-Lista de chequeo del modo: Sobrepresión interna





A.- MATERIAL

1.- El equipo es adecuado al nivel de protección /a los requisitos del emplazamiento

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Se comprobará, que el nivel de protección, proporcionado por el equipo es adecuado al tipo de zona que nos encontramos en la instalación.

Este modo de protección no proporciona un EPL Ga o Da, por lo que no es válido para zonas 0 y 20.

EPL	Envolvente que contiene una fuente de ignición	Envolvente que no contiene una fuente de ignición
Gb / Db	Modo px pD con desconexión del suministro eléctrico	Modo py pD con alarma
Gc / Dc	Modo px o pz pD con alarma	No requiere sobrepresión

La presurización estática alcanza un EPL Gb / Db.

Las salas presurizadas se podrán instalar en zonas 1, 21, 2 y 22.

2.- El grupo de equipo es correcto

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

El material eléctrico será seleccionado en función de la sustancia que genera la zona clasificada.

Las sustancias en forma de gases o vapores inflamables, se clasifican en tres grupos en función de sus propiedades físico-químicas, IIA, IIB y IIC, formado este último, por aquellos gases que presentan más riesgo, ej. Hidrógeno y acetileno.



Las sustancias en forma de polvo se clasifican, asimismo, en tres grupos, IIIA, IIIB y IIIC, que se corresponden con partículas combustibles en suspensión (diámetro de partícula medio superior a 500 μm), polvo (diámetro de partícula medio inferior a 500 μm) no conductor y conductor respectivamente.

3.- La clase de temperatura del equipo o la temperatura superficial es correcta

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	

La identificación de la clase de temperatura irá en función de la temperatura de autoignición de la sustancia en forma de gas o de la temperatura de inflamación en forma de capa o en forma de nube de las partículas sólidas.

El marcado para gases y vapores, aparecerá en la placa de características con una T seguida de un dígito del 1 al 6, correspondiendo cada nivel con una temperatura superficial máxima, tal y como se indica en la siguiente figura:

Clase de temperatura requerida por la clasificación de áreas	Temperatura de autoignición del gas o vapor en ° C
T1	> 450
T2	> 300
T3	> 200
T4	> 135
T5	> 100
T6	> 85

Recordemos lo que nos dice la Norma UNE EN 1127-1 en el caso de gases. Para equipos de categoría 1 o EPL Ga, la temperatura superficial del equipo no alcanzará el 80 % de la temperatura de ignición del gas o líquido combustible. Para la categoría 2 o EPL Gb si no hay un medio de que la sustancia se pueda calentar hasta alcanzar la temperatura superficial del equipo en cuestión, también se limitará hasta el 80 % de la temperatura de ignición. Por último, para la categoría 3, la temperatura superficial no alcanzará la de autoignición de la sustancia en cuestión.

En el caso de polvo inflamable, la temperatura superficial que pueden alcanzar los equipos en las 3 categorías será el menor de los siguientes valores:

- 2/3 del calor de la temperatura de inflamación en nube o
- la temperatura de inflamación en forma de capa menos 75 °C si la capa de polvo es menor de 5 mm. Si es superior, habrá que tener en cuenta el espesor de dicha capa de polvo y aplicarle el correspondiente valor de minoración.

En el marcado aparecerá la letra "T" seguida de la temperatura superficial máxima en grados centígrados, por ejemplo T 150 °C

4.- La identificación de circuito del equipo es correcto

Grado de inspección		
D	C	V
X		

El propósito de este requisito es facilitar el aislamiento correcto del equipo cualquiera que sea el trabajo a efectuar. Esto se puede lograr mediante diferentes métodos:

- El equipo dispone de etiqueta permanente que especifique la fuente de alimentación.
- El equipo o el cable disponen de un número de identificación. La fuente de alimentación se puede identificar a partir de planos o diagramas, usando el número de identificación indicado anteriormente.
- El equipo está indicado en forma clara y precisa en un plano, en el que la fuente de alimentación está identificada.

5.- La identificación de circuito del equipo está disponible

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

En la inspección inicial es necesario confirmar, para todos los equipos, que la información es correcta. En la inspección periódica se verificará que la información necesaria está disponible. El requisito en una inspección detallada, para verificar que la información es correcta así como verificar otros detalles, se realizará cuando el circuito esté instalado.



6.- La envolvente, las piezas de vidrio y los sellados mediante juntas y/o compuestos de las uniones vidrio-metal, son satisfactorios

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

La envolvente puede ser metálica o no metálica, suficientemente fuerte para resistir el uso normal sin daño y que no se vea afectada por el medio de presurización o sustancia inflamable liberada en la envolvente.

Es necesario comprobar que el grado IP exigido para los equipos se mantiene durante su vida útil (grado IP4X para los modos "px", "py" y "pz" con indicador, grado IP3X para el modo "pz" con alarma).

Para ello, es indispensable que tanto la envolvente como las juntas de estanqueidad de la misma se conserven en buen estado. No pueden existir golpes ni piquetes en la superficie de la envolvente ni en las partes no metálicas si estas existen. Es necesario comprobar que la junta de estanqueidad se mantiene intacta, sin que aparezcan en ella grietas ni signos de deterioro del material.

En el caso de tener que sustituir alguna de las piezas no metálicas, se hará teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante, ya que las partes no metálicas de los equipos cumplirán con estrictos requisitos para la no acumulación de carga estática en los mismos. Por ejemplo, la resistencia superficial será inferior en cualquier caso a $10^9 \Omega$.

7.- No hay modificaciones no autorizadas

Grado de inspección		
D	C	V
X		

La instalación del equipo, conductos, dispositivos, etc. seguirá las instrucciones del fabricante. Si no se hace así, estamos realizando una modificación no autorizada que puede variar las especificaciones del equipo.

En el caso de este "ítem" se refiere a la inspección detallada, que se realizará antes de la puesta en marcha de la instalación, comprobado que el equipo ha sido instalado según la documentación del fabricante, por lo tanto se mirarán los

elementos dentro de la envolvente que hayan podido ser manipulados, elementos protegidos por otros modos de protección etc.

8.- No hay modificaciones no autorizadas visibles

Grado de inspección		
D	C	V
	X	X

En las sucesivas inspecciones, tanto cercanas como visuales, se comprobará que el equipo se mantiene en las mismas condiciones que en el momento de su puesta en servicio.

9.- Las características, el tipo y la posición de las lámparas son correctas

Grado de inspección		
D	C	V
X		

En el caso de utilización de alarmas visibles para indicar la pérdida de presión o iluminación de apoyo en el interior de armarios presurizados, las luminarias utilizadas no pueden exceder la temperatura superficial máxima de la envolvente.

En el marcado adicional vendrá indicada la potencia máxima en vatios de la lámpara instalada.



B.- INSTALACIÓN

1.- El tipo de cable es apropiado

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Los aspectos reflejados en este apartado son similares a los que aparecen en el mismo "ítem" de la página 71.

2.- Existe daño evidente en los cables

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Los aspectos reflejados en este apartado son similares a los que aparecen en el mismo "ítem" de la página 75.

3.- Las conexiones a tierra, incluyendo cualquier tierra suplementaria son correctas, por ejemplo, las conexiones están firmes y los conductores tienen una sección suficiente

- Verificación física
- Verificación visual

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Los aspectos reflejados en este apartado son similares a los que aparecen en el "ítem 6" de la página 77.

4.- La impedancia del bucle de defecto (sistemas TN) o la resistencia de puesta a tierra (sistemas IT) es satisfactoria

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Los aspectos reflejados en este apartado son similares a los que aparecen en el "ítem 7" de la página 78.

5.- Los dispositivos automáticos de protección eléctrica operan dentro de los límites permitidos

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Los aspectos reflejados en este apartado son similares a los que aparecen en el "ítem 9" de la página 82.

6.- Los dispositivos automáticos de protección eléctrica están ajustados correctamente

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Los aspectos reflejados en este apartado son similares a los que aparecen en el "ítem 8" de la página 81.

7.- La temperatura de entrada de gas protector está por debajo del máximo especificado

Grado de inspección		
D	C	V
X		

La temperatura del gas de protección no excederá los 40 °C a la entrada de la envolvente presurizada.

Si es necesaria otra temperatura fuera de ese rango, vendrá marcada sobre la envolvente, ya que se tendrán que tomar medidas para evitar la condensación y la congelación.

8.- Los conductos, tubos y envolventes están en buen estado

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Cuando se utilice gas comprimido la longitud de los conductos será menor, estando la unidad de presurización cerca de la envolvente. Estos conductos estarán a una presión superior a la atmosférica formando parte del equipo.



Si el gas de protección es aire se colocará el ventilador en zona no clasificada, de esta forma los conductos estarán presurizados evitando la entrada de sustancia inflamable cuando atraviesen zona clasificada. Si el ventilador se coloca en zona clasificada, los conductos atravesarían una zona clasificada a presión atmosférica, con el riesgo de entrada de sustancia inflamable.



El usuario verificará que todos estos conductos están libres de fugas. Toda la instalación presurizada soportará una presión 1.5 veces la sobrepresión máxima de funcionamiento normal especificada por el fabricante.

En el modo pD, la envolvente se limpiará antes de que se restaure el suministro eléctrico a fin de retirar toda acumulación de polvo inflamable en el interior de la envolvente. El fabricante dará los requisitos necesarios para la limpieza.

En las salas presurizadas, los conductos tendrán una resistencia al fuego mínima de V-0.

9.- El gas de protección está sustancialmente libre de contaminantes

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

El gas de protección será incombustible, no tóxico, libre de contaminantes, productos combustibles, productos químicos, humedad, aceites, polvo y fibras.

Cuando se utilice aire como gas de protección, se tomará de una zona no clasificada, ya que de lo contrario podría transportar sustancia inflamable al interior de la envolvente.

10.- La presión y/o el caudal del gas de protección son adecuadas

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

La presión mínima requerida depende del modo de presurización.

Se utilizará una sobrepresión de 50 Pa para los modos "px", "py", presurización estática y modo pD.

La sobrepresión será de 25 Pa para el modo "pz" y las salas presurizadas. En estas últimas el sistema debe mantener una presión diferencial de al menos 25 Pa con las puertas abiertas, ya que se permite la entrada de personas.

Tenemos que distinguir entre el flujo de gas de protección para dilución continua cuando tenemos sustancia inflamable en el interior de la envolvente, del caudal de gas de protección necesario para llevar a cabo el purgado de la envolvente cuando hay un fallo de presurización o desconexión del equipo.

- *Flujo para la dilución continua cuando existe sustancia inflamable en el interior de la envolvente:* Si el gas de protección utilizado es gas inerte, el flujo será el suficiente para mantener la concentración por debajo del 1 % de oxígeno. Si utilizamos aire, el flujo de gas de presurización será suficiente para diluir el escape interno por debajo del 25 % del LIE

- *Flujo de purgado:* El usuario determinará el volumen libre de los conductos asociados que no formen parte de la certificación del material y establecerá el tiempo de barrido complementario para el caudal mínimo asociado.

En el flujo de purgado, se establece un mínimo de 5 veces el volumen de la envolvente para que el barrido sea eficaz, antes de la puesta en tensión.

En el modo "px", el purgado es automático, siendo un dispositivo el que verifique el periodo y flujo de purgado. En los modos "py" y "pz", el tiempo y caudal de purgado vendrá indicado en el marcado adicional del equipo.

El caudal de aire para sala presurizada será como mínimo 5 renovaciones de aire por hora.



11.- Los medidores de presión y/o caudal, las alarmas y los enclavamientos funcionan correctamente

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Se comprobará el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad que lleva el equipo en función de su modo de presurización, según la siguiente tabla:

CRITERIO DE DISEÑO	Modo px	Modo py	Modo pz
DETECCIÓN DE LA PÉRDIDA DE SOBREPRESIÓN MÍNIMA	sensor de presión	sensor de presión	indicador o sensor de presión
VERIFICACIÓN DEL PERIODO DE PURGADO	dispositivo temporal, sensor de presión y sensor de flujo de salida	marcado del tiempo y del flujo	marcado del tiempo y del flujo
PUERTAS O TAPAS	cerrojo con enclavamiento	ningún requisito (no se permiten partes calientes)	sin requisitos
SEGURIDAD PARA PARTES INTERNAS CALIENTES	alarma y control caudal de paro de sustancia inflamable	no se permiten partes calientes	alarma

- *Dispositivos de seguridad de detección de la pérdida de sobrepresión mínima:*

Los modos "px" y "py" presentarán dos dispositivos automáticos de seguridad para actuar cuando la sobrepresión desciende por debajo del valor mínimo.

Estos dispositivos solo podrán rearmarse mediante el uso de una herramienta.

El modo "pz" presentará un único dispositivo de seguridad o bien se permite el uso de un indicador; en ese caso la alimentación del gas de protección llevará una alarma para indicar un fallo en la alimentación.

El sensor tomará la señal directamente de la envolvente presurizada, no habrá válvulas intermedias entre el dispositivo y la envolvente.

El modo de presurización estática llevará un dispositivo de seguridad automático para actuar cuando la sobrepresión descienda por debajo del valor mínimo. Sólo podrá rearmarse mediante el uso de una herramienta o una llave.

- *Dispositivos de seguridad para la verificación del periodo de purgado:*

En el modo "px" el purgado es automático. El dispositivo de seguridad impedirá la puesta en tensión del material eléctrico del interior de la envolvente antes de que el purgado se haya completado.

En los modos "py" y "pz", el flujo de purgado puede ser deducido, por ejemplo, a partir de la presión en la envolvente y de una abertura de salida. Se puede suministrar una etiqueta de instrucciones para el purgado de la envolvente antes de la puesta en tensión. El marcado incluirá la siguiente advertencia:

ADVERTENCIA- NO DEBE EFECTUARSE LA PUESTA EN TENSION, DESPUES DE QUE LA ENVOLVENTE HAYA SIDO ABIERTA, HASTA QUE LA ENVOVENTE HAYA SIDO PURGADA DURANTE --- MINUTOS A UN CAUDAL DE ----

Será responsabilidad del usuario determinar el espacio de las canalizaciones asociadas que no son parte de la envolvente y establecer el tiempo adicional de purgado.

- *Dispositivos de seguridad para puertas o tapas:*



Estos dispositivos solo se presentan para el modo "px".

En caso de que cese la presurización, las puertas o tapas que están protegidas por llaves o mediante el uso de una herramienta, llevarán dispositivos que impidan el contacto de la sustancia inflamable con las superficies calientes (diseño y construcción de las juntas de la envolvente o puesta en marcha de un ventilador auxiliar o encapsulado de las superficies calientes)

Las puertas o tapas que no están protegidas por llaves o mediante el uso de una herramienta, llevarán un sistema de enclavamiento que interrumpa la



alimentación eléctrica del material eléctrico no protegido por otro modo de protección y que no permita que se pueda reestablecer antes de que se cierre.

En el modo de presurización estática, la puerta o tapa solo podrá abrirse mediante el uso de una herramienta y se debe transportar a un área no peligrosa antes de su apertura.

En las salas presurizadas, las puertas se podrán abrir desde dentro, aunque estarán cerradas con seguridad, por ejemplo, mediante el uso de una barra antipánico.

- *Dispositivo de seguridad para partes internas calientes cuando existe un sistema de confinamiento.*

Cuando en el interior de la envolvente existe escape de sustancia inflamable, se dispondrá de un dispositivo de seguridad automático de paro de la emisión de la sustancia inflamable, de forma que si el gas de protección es aire, el escape permanecerá por debajo del 50 % del LIE en los alrededores de las superficies calientes. Si el gas de protección es gas inerte, serán las juntas de la envolvente las que impidan la entrada de aire exterior, de forma que la concentración de O₂ sea inferior al 2 % hasta que se enfríen las superficies calientes por debajo de la temperatura de ignición de la sustancia inflamable.

Para el modo pD:

Clasificación de zonas	Material susceptible de ignición	Material sin fuentes de ignición en funcionamiento normal
Zona 21	Dispositivo de desconexión y enclavamiento de puertas o tapas o uso de una herramienta	Alarma de pérdida de presión. Advertencia para la apertura de puertas o tapas
Zona 22	Alarma de pérdida de presión. Advertencia para la apertura de puertas o tapa	Presurización no requerida

En el modo pD las puertas y tapas llevarán una advertencia indicando la demora a respetar después del apagado del suministro de energía, debido a la temperatura superficial de las partes internas del equipo.

Si no es obligatorio el uso de herramientas o llaves, estarán enclavadas con el suministro de energía.

Los dispositivos a utilizar en las salas presurizadas según su modo, se resumen en la siguiente tabla:

CRITERIO DE DISEÑO	pv	px	py	pz
Detección de pérdida de presión	Ninguno	Sensor de presión o de flujo	Sensor de presión o de flujo	Sensor de presión o de flujo
Periodo de purga	Tiempo y flujo marcados	Temporizador, sensor de presión y sensor de flujo	Tiempo y flujo marcados	Tiempo y flujo marcados
Dispositivo de puertas	Ninguno	Interruptor	Ninguno	Ninguno
Detector de pérdida de flujo de aire	Sensor de flujo	Sensor de flujo	Ninguno	Ninguno
Detección de gas combustible	Ninguno	Detector de gas (esclusa de aire sin flujo continuo)	Detector de gas (esclusa de aire sin flujo continuo)	Detector de gas (entrada de aire en zona 2)
Apagado	Manual	Válvulas de corte de sustancia inflamable. Desconexión eléctrica	Manual	Manual
Apagado retardado	Ninguno	Interruptor de puerta o detector de gas	Ninguno	Ninguno
Aviso por riesgo de asfixia	Alarma	Alarma	Alarma	Alarma



12.- Se cumplen las condiciones de instalación de las barreras antichispas y anti-partículas en los conductos de salida del gas que atraviesa los emplazamientos peligrosos

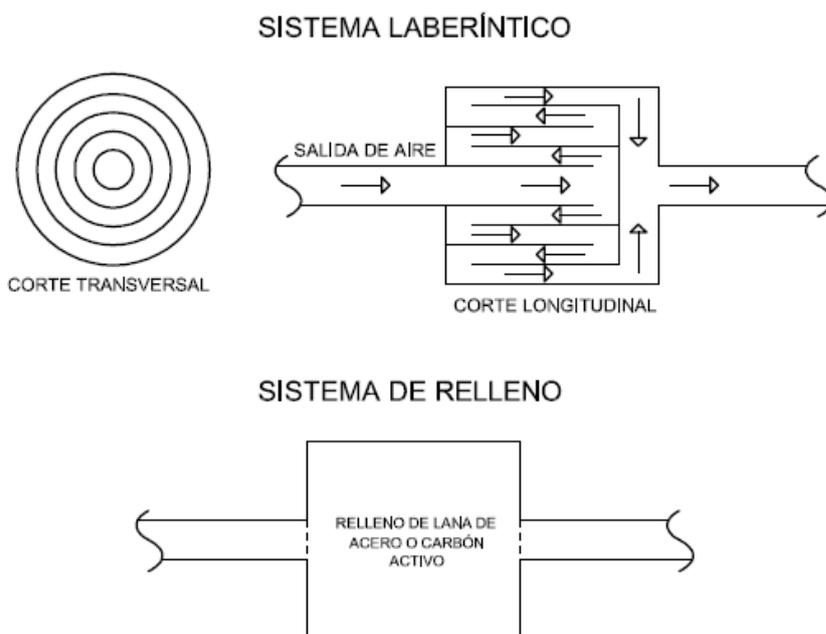
Grado de inspección		
D	C	V
X		

En situación normal o en caso de fallo se pueden producir arcos o chispas dentro de la envolvente que pueden desplazarse por las conducciones, dando lugar a la ignición.

La salida del gas protector de los conductos se situará preferiblemente en un emplazamiento no peligroso. Si no es posible, se instalarán barreras antichispas y antipartículas en las salidas de los conductos.

En el EPL Gb se instalarán estos dispositivos en todos los casos. En el EPL Gc se instalará si el material en el interior de la envolvente puede producir chipas o partículas en funcionamiento normal.

Estas barreras suelen ser dispositivos laberínticos, de lana de acero o carbón activo, que retienen las partículas incandescentes hasta que se queman completamente, volviéndose inertes.



13.- Se cumplen las condiciones especiales de utilización (si son de aplicación)

Grado de inspección		
D	C	V
X		

Si en el certificado aparece junto con el número una letra "X" tendremos en cuenta los documentos de certificación para conocer las condiciones específicas de utilización que nos da el fabricante del equipo o componente.



C.- AMBIENTALES

1.- El equipo está protegido adecuadamente contra la corrosión, la intemperie, las vibraciones y otros factores adversos

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

Comprobar:

- El deterioro en los componentes plásticos o elastoméricos si el equipo se ve afectado en el modo y grado de protección ante la penetración.
- La ausencia de fisuras en los componentes de material plástico.
- El buen estado de las juntas de estanqueidad.
- Que los cierres y entradas de cable están apretados si hay posibilidad de vibraciones.
- El rango de temperaturas de utilización del equipo.

En las envolventes metálicas se recomienda el tratamiento contra la corrosión.

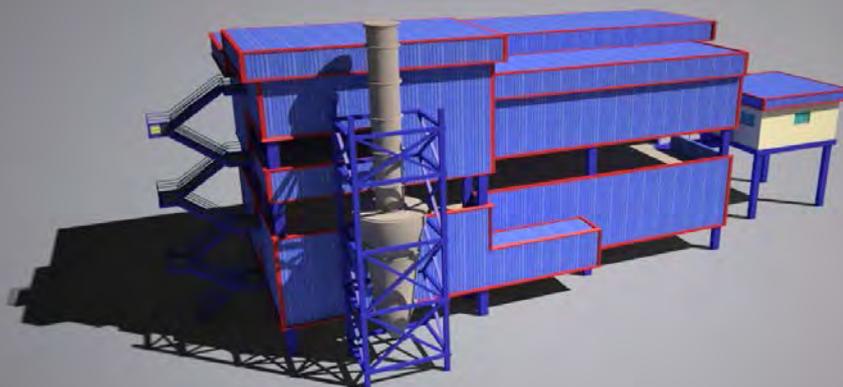
Hay que determinar si es necesaria la utilización de dispositivos anticondensación y de drenaje.

2.- No existe acumulación anormal de polvo y suciedad

Grado de inspección		
D	C	V
X	X	X

La presencia de polvo o suciedad puede generar un incremento de temperatura, por lo que hay que comprobar el exceso de acumulación de polvo en el interior de las envolventes y conductos.

7.-Bibliografía





- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- UNE-EN 1127-1 Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología
- UNE 20324 -1993 (EN 60529) Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324/1M:2000 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324:2004 ERRATUM Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324/2M:2014 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN ISO 20345:2013 Equipo de protección individual. Calzado de seguridad. (ISO 20345:2011).
- UNE 21027-4:2004 Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado. Parte 4: Cables flexibles.
- UNE 21027-9:2014 Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables con propiedades especiales ante el fuego. Cables unipolares sin cubierta con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humo. Cables no propagadores del incendio.
- UNE 21123-1:2010 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE 21123-2:2010 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE 21123-3:2011 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 3: Cables con aislamiento de etileno-propileno y cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE 21123-4:2010 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 4: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina.



- UNE 21123-5:2011 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 5: Cables con aislamiento de etileno propileno y cubierta de poliolefina.
- UNE 21150:1986 Cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1 kV.
- UNE-EN 50525-2-21:2012 Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Parte 2-21: Cables de utilización general. Cables flexibles con aislamiento de elastómero reticulado.
- UNE-EN 50525-3-21:2012 Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Parte 3-21: Cables con propiedades especiales ante el fuego. Cables flexibles con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humo.
- UNE-EN 60061-1 Casquillos y portalámparas, junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 1: Casquillos.
- UNE-EN 60064:1998 Lámparas de filamento de wolframio para uso doméstico y alumbrado general similar. Requisitos de funcionamiento.
- UNE-EN 60079-0:2011 Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales.
- UNE-EN 60079-0:2011/IS1:2011 Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales.
- UNE-EN 60079-1:2015 Atmósferas explosivas. Parte 1: Protección del equipo por envolventes antideflagrantes "d".
- UNE-EN 60079-2:2008 Atmósferas explosivas. Parte 2: Equipos de protección por envolventes presurizadas "p".
- UNE-EN 60079-5:2008 Atmósferas explosivas. Parte 5: Equipos de protección por relleno pulverulento "q".
- UNE-EN 60079-6:2008 Atmósferas explosivas. Parte 6: Protección del equipo por inmersión en aceite "o".
- UNE-EN 60079-7:2007 Atmósferas explosivas. Parte 7: Protección del equipo por seguridad aumentada "e" (IEC 60079-7:2006).
- UNE-EN 60079-10-1:2010 Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas.
- UNE-EN 60079-10-1:2010 ERRATUM:2010 Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas.
- UNE-EN 60079-10-2:2010 Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo.
- UNE-EN 60079-11:2013 Atmósferas explosivas. Parte 11: Protección del equipo por seguridad intrínseca "i" (IEC 60079-11:2006).
- UNE-EN 60079-13:2011 Atmósferas explosivas. Parte 13: Protección del equipo por salas presurizadas
- UNE-EN 60079-14:2010 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalación eléctricas.

- UNE-EN 60079-14:2010/AC:2012 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalación eléctricas.
- UNE-EN 60079-15:2013 Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 15: Construcción, ensayo y marcado de material eléctrico con modo de protección "n" (IEC 60079-15:2005)
- UNE-EN 60079-17:2014 Atmósferas explosivas. Parte 17: Verificación y mantenimiento de instalaciones eléctricas.
- UNE-EN 60079-18:2010 Atmósferas explosivas. Parte 18: Protección del equipo por encapsulado "m".
- UNE-EN 60079-19:2011 Atmósferas explosivas. Parte 19: Reparación, revisión y reconstrucción de material.
- UNE-EN 60079-25:2005 Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 25: Sistemas de seguridad intrínseca.
- UNE-EN 60079-25:2005 CORR:2006 Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 25: Sistemas de seguridad intrínseca.
- UNE-EN 60079-26:2007 Atmósferas explosivas. Parte 26: Material con nivel de protección de material (EPL) Ga.
- UNE-EN 60079-26:2007 CORR 1:2011 Atmósferas explosivas. Parte 26: Material con nivel de protección de material (EPL) Ga.
- UNE-EN 60079-27:2010 Atmósferas explosivas. Parte 27: Concepto de bus de campo de seguridad intrínseca (FISCO).
- UNE-EN 60079-28:2007 Atmósferas explosivas. Parte 28: Protección de material y sistemas de transmisión que utilizan radiación óptica
- UNE-EN 60079-30-1:2008 Atmósferas explosivas. Parte 30-1: Calefactores para traceado por resistencia eléctrica. Requisitos generales y ensayos.
- UNE-EN 60079-30-2:2008 Atmósferas explosivas. Parte 30-2: Calefactores para traceado por resistencia eléctrica. Guía de aplicación para el diseño, instalación y mantenimiento.
- UNE-EN 60079-31:2010 Atmósferas explosivas. Parte 31: Protección del material contra la inflamación de polvo por envoltente "t".
- UNE-EN 60127-1:2006 Fusibles miniatura. Parte 1: Definiciones para cortacircuitos miniatura y requisitos generales para fusibles miniatura. (IEC 60127-1:2006)
- UNE-EN 60127-1:2006/A1:2011 Fusibles miniatura. Parte 1: Definiciones para cortacircuitos miniatura y requisitos generales para fusibles miniatura.
- UNE-EN 60127-2/A1:2004 Fusibles miniatura. Parte 2: Fusibles de cartucho.
- UNE-EN 60127-2:2003 Fusibles miniatura. Parte 2: Fusibles de cartucho.
- UNE-EN 60127-2:2003/A2:2010 Fusibles miniatura. Parte 2: Fusibles de cartucho.



- UNE-EN 60127-3/A2:2003 Fusibles miniatura. Parte 3: Fusibles subminiatura.
- UNE-EN 60127-3:1997 Fusibles miniatura. Parte 3: Fusibles subminiatura.
- UNE-EN 60127-4:2006 Fusibles miniatura. Parte 4: Fusibles modulares universales (FMU). Tipos de montaje por agujeros y en superficie.
- UNE-EN 60127-4:2006 ERRATUM:2006 Fusibles miniatura. Parte 4: Fusibles modulares universales (FMU). Tipos de montaje por agujeros y en superficie.
- UNE-EN 60127-4:2006/A1:2009 Fusibles miniatura. Parte 4: Fusibles modulares universales (FMU). Tipos de montaje por agujeros y en superficie.
- UNE-EN 60127-4:2006/A2:2013 Fusibles miniatura. Parte 4: Fusibles modulares universales (FMU). Tipos de montaje por agujeros y en superficie.
- UNE-EN 60127-5:1994 Fusibles miniatura. Parte 5: guías para la evaluación de la calidad de los fusibles miniatura. (Versión oficial EN 60127-5:1991).
- UNE-EN 60127-6/A1:1997 Fusibles miniatura. Parte 6: Conjuntos portadores para fusibles miniatura.
- UNE-EN 60127-6/A2:2003 Fusibles miniatura. Parte 6: Conjuntos portadores para fusibles miniatura
- UNE-EN 60127-6:1997 Fusibles miniatura. Parte 6: Conjuntos portadores para fusibles miniatura.
- UNE-EN 60127-10:2002 Fusibles miniatura. Parte 10: Guía de utilización para fusibles miniatura.
- UNE-EN 60432-1:2001 Lámparas de incandescencia. Requisitos de seguridad. Parte 1: Lámparas de filamento de wolframio para uso doméstico y alumbrado general
- UNE-EN 60691:2004 Protectores térmicos. Requisitos y guía de aplicación.
- UNE-EN 60691:2004/A1:2007 Protectores térmicos. Requisitos y guía de aplicación. (IEC 60691:2002/A1:2006).
- UNE-EN 60691:2004/A2:2010 Protectores térmicos. Requisitos y guía de aplicación.
- UNE-EN 60702-1:2002 Cables con aislamiento mineral de tensión asignada no superior a 750 V y sus conexiones. Parte 1: Cables.
- UNE-EN 60702-1:2002/A1:2015 Cables con aislamiento mineral de tensión asignada no superior a 750 V y sus conexiones. Parte 1: Cables.
- UNE-EN 61195:2001 Lámparas fluorescentes de doble casquillo. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 61241-4:2007 Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 4: Modo de protección "pD".

- UNE-EN 61508-1:2011 Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 61511-3:2006 Seguridad funcional. Sistemas instrumentados de seguridad para el sector de la industria de procesos. Parte 3: Guía para la determinación de los niveles requeridos de integridad de seguridad.
- UNE-EN 61557-2:2007 Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión hasta 1 000 V c.a. y 1 500 V c.c.. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 2: Resistencia de aislamiento. (IEC 61557-2:2007)
- UNE-EN 61558-2-6:2010 Seguridad de los transformadores, bobinas de inductancia, unidades de alimentación y productos análogos para tensiones de alimentación hasta 1100 V. Parte 2-6: Requisitos particulares y ensayos para transformadores de seguridad y unidades de alimentación que incorporan transformadores de seguridad.
- Electrical installations in hazardous areas; Alan McMillan
- Practical electrical equipment and installations in hazardous areas. Geoffrey Bottrill; Derek Cheyne; G Vijayaraghavan.
- Electrical Apparatus and Hazardous Areas; Robin Garside





Instituto Galego
de Seguridade
e Saúde Laboral



galicia



XUNTA
DE GALICIA