



Atmósferas potencialmente explosivas

Por Ing. Gustavo A. Parajuá, Total Austral S.A.

La clasificación de áreas y la correcta especificación y uso del equipamiento eléctrico en conocimiento de los denominados Modos de Protección, constituyen el procedimiento idóneo para una efectiva disminución de los riesgos en atmósferas potencialmente explosivas.

El trabajo "Técnicas de prevención frente a las atmósferas potencialmente explosivas", presentado en las Primeras Jornadas sobre Tecnología de Tratamiento y Captación de Gas Natural que tuvieron lugar en la ciudad del Neuquén a fines del año pasado, define la metodología a emplear por minimizar los riesgos de explosión.

Gustavo A. Parajuá se graduó en Ingeniería Mecánica y en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Nacional de La Plata. Su actividad profesional se desarrolló en SEM (Sade Electromecánica) a cargo del diseño eléctrico de máquinas rotantes, en IESA S.A. en ingeniería de costos de tableros eléctricos; en Astilleros Corrientes S.A. en el Departamento de Control de Calidad y en el Departamento de Ingeniería durante la construcción de dos plataformas petroleras auto-elevables de perforación submarina; y en el American Bureau of Shipping como Inspector. Actualmente, se desempeña en Total Austral S.A., en el Departamento de Ingeniería de la Gerencia de Proyectos.

Desde julio de 1996 integra el organismo "Materiales eléctricos para atmósferas explosivas gaseosas" del IRAM, participando en la redacción de las normas IRAM-IAP-IEC 79.

Toda actividad humana lleva implícito un nivel de riesgo. En particular, en aquellas instalaciones en las que se utilizan materiales inflamables resulta prácticamente imposible asegurar que no existirá una atmósfera explosiva, así como asegurar que el equipamiento eléctrico no será nunca una fuente de ignición. La evolución y desarrollo técnico y tecnológico crea nuevas situaciones de riesgo al enfrentarnos con nuevos procesos. De todos modos, esa misma evolución ofrece las soluciones para que este riesgo se sitúe en unas cotas aceptables y lo más próximo posible al denominado "riesgo catastrófico".

Las técnicas de protección frente al riesgo de explosión se basan en la siguiente secuencia:

1. Minimizar el riesgo de presencia de atmósferas explosivas limitando, dentro de lo técnicamente posible, la influencia de las "fuentes de escape", de modo que la cantidad de gases liberados a la atmósfera, así como la velocidad de liberación, sean muy limitadas.
2. Ventilar al máximo para minimizar

el tamaño de las áreas afectadas por los posibles escapes.

3. Clasificar las áreas en zonas de riesgo de presencia de atmósfera explosiva, delimitando el tamaño de las mismas y cuantificando el riesgo.
4. Utilizar equipos eléctricos con un modo de protección normalizado.

En cada área de la planta la probabilidad de explosión como consecuencia de la presencia de atmósfera explosiva, y de un fallo en el modo de protección que conduzca a la aparición de una manifestación energética que inflame la mezcla circundante, ha de ser la correspondiente al riesgo catastrófico, con tiempo medio entre fallos del orden de 30 años.

Conceptos básicos

Para que en un determinado punto del espacio se produzca la **combustión** y por consiguiente fuego, explosión, etc. será necesario que se presenten simultáneamente un combustible, un comburente y una fuente de energía. (Fig. 1)

Una "atmósfera explosiva" es, conforme se define en la norma IRAM-IAP-IEC 79, una mezcla de gas inflamable con el oxígeno del aire, en proporciones tales que después de producida la ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no consumida.

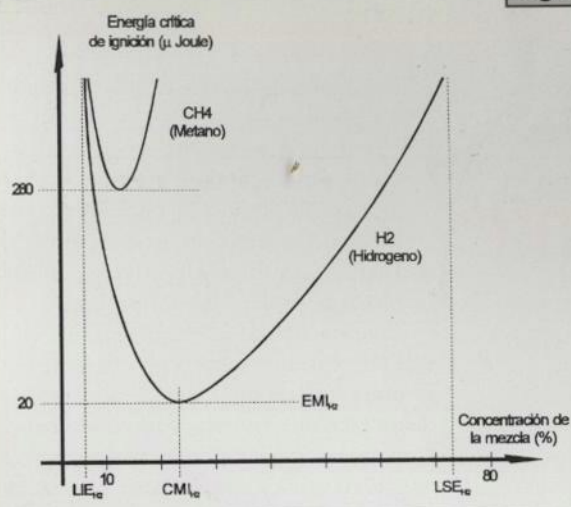
Por otra parte, un "área con riesgo de explosión o potencialmente explosiva", es aquella en la que está presente una atmósfera explosiva, o se puede esperar que esté presente en cantidad tal como para requerir precauciones especiales en la construcción, la instalación y el uso de los materiales eléctricos.

En general haremos referencia a atmósferas potencialmente explosivas generadas por la dilución de gases o vapores combustibles en aire. De todos modos, los conceptos aquí vertidos pueden extenderse, en sus términos más generales, a los casos de polvos o fibras combustibles.



Fig. 1

Fig. 2



Así mismo, se interpreta como "explosión" la súbita liberación de la energía contenida en una determinada mezcla de gas inflamable y oxígeno, en forma de onda de choque y fuente de llama, generada por una reacción química de propagación fuertemente exotérmica. De esta descripción se deduce que solo la prevención permitirá controlar este fenómeno de una forma racional y eficiente.

De todos modos, para que se produzca una explosión no será suficiente, aunque sí estrictamente necesario, que se presenten los tres componentes de la reacción química de combustión, en forma simultánea. Experimentalmente se ha determinado que para cada mezcla explosiva, es decir para cada combustible en combinación con el aire, y para cada concentración de dicha mezcla, existe una determinada cantidad de energía denominada "Energía Crítica de Ignición", que es capaz de producir la combustión de la mezcla, generando esa esfera inicial, que crece indefinidamente y sin control, y que caracteriza justamente, al fenómeno de la explosión.

Determinando los diferentes valores de la "Energía Crítica de Ignición" para una dada mezcla gas-aire en sus diferentes concentraciones, pueden obtenerse curvas como las indicadas en la Fig. 2, en donde se muestran los casos correspondientes a las mezclas metano-aire e hidrógeno-aire.

Se determinan de este modo, ciertos parámetros que definen de alguna manera, el nivel de riesgo de explosión de la mezcla considerada, y que constituyen, en conjunto con otros indicadores, el basamento teórico-práctico para el diseño de las diferentes técnicas de aplicación, tanto para la clasificación de las atmósferas potencialmente explosivas, como para la protección del equipo eléctrico

habilitado para esas áreas.

Dichos parámetros son:

- "Límite Inferior y Superior de Explosividad" (LIE y LSE): en concentraciones inferiores y superiores respectivamente a dichos límites, la energía requerida para generar la ignición alcanza valores tan altos, que se considera imposible producir una explosión desde el punto de vista práctico. Decimos en conse-

cuencia que, para tales concentraciones no se establece una atmósfera explosiva.

- "Concentración de Máxima Inflamabilidad" (CMI): es aquella concentración para la que se requiere la mínima cantidad de energía para producir la inflamación de la mezcla.
- "Energía Mínima de Ignición" (EMI): es la menor cantidad de energía que puede producir la combustión de la mezcla considerada. En tal caso, la mezcla deberá estar en su CMI.

Otros conceptos de suma utilidad son:

- Punto de destello (Flash point): es la menor temperatura a la cual, bajo ciertas condiciones normalizadas, un líquido desprende de su superficie libre una cantidad de vapores tal que puede formar una mezcla inflamable. En otras palabras, se la puede definir como la temperatura más baja de un líquido inflamable, que hace que en la interfase líquido/aire, se alcance la concentración correspondiente al LIE.
- Temperatura de Ignición de una atmósfera gaseosa explosiva (TI): es la menor temperatura de una superficie que se calienta bajo condiciones específicas de ensayo (IRAM-IAP-IEC 79-4 parte 4), que producirá la ignición de una sustancia inflamable de gas o de vapor mezclada con aire.
- Temperatura superficial máxima: es la mayor temperatura que puede alcanzar en servicio, en las condiciones más desfavorables (pero dentro de las tolerancias), cualquier pieza o superficie de un material eléctrico que pueda producir la ignición de la atmósfera circundante.

Las condiciones más desfavorables comprenden las sobrecargas, así como las situaciones de falla reconocidas en la norma correspondiente al

modo de protección considerado.

Las instalaciones industriales se diseñan de tal modo, que la concentración de las mezclas aire-gas inherentes a los procesos involucrados se mantienen bien por debajo del LIE en el exterior de los equipos de proceso, o muy por encima del LSE en su interior.

De estos conceptos básicos que caracterizan a los gases inflamables y, del "triángulo de fuego" de la Fig.1, se puede establecer entonces que la probabilidad del suceso explosión equivale a la probabilidad de presencia de una atmósfera explosiva, por la probabilidad de aparición de una fuente de ignición.

$$P_{exp} = PA_{Exp} \times P_{F.Ig.} \quad (1)$$

El horizonte deseado para la P_{exp} es del orden de 10-12 que se corresponde estadísticamente, con la probabilidad del acontecimiento de una catástrofe. El objetivo por lo tanto, al diseñar una instalación en donde se procesan sustancias inflamables, es llegar en lo posible al denominado "riesgo catastrófico", vale decir, el nivel mínimo e inevitable de riesgo, el inherente a la vida misma.

La herramienta más idónea para conocer la probabilidad de que se presente una atmósfera explosiva (PA_{Exp}), esto es el análisis del primer factor del segundo miembro de la expresión (1), es la Clasificación de Áreas con riesgo de deflagración o explosión, ajustándose a las instrucciones de las normas que tratan de las instalaciones en atmósferas explosivas.

En relación con la probabilidad de presencia de una fuente de ignición ($P_{F.Ig.}$), segundo factor de la ecuación (1), la utilización de los llamados Modos de Protección para equipos e instalaciones constituyen las técnicas con el debido sustento normativo internacional y de probada eficiencia.

Cada Modo de Protección es definido, según las normas, para una determinada Área Clasificada (Tabla 2), y la relación que se establece es tal, que el producto de las probabilidades de formación de mezclas en condiciones de explosividad y de fallo del modo de protección correspondiente, es decir, la probabilidad de producirse una explosión, sea aproximadamente constante e igual a 10-12 (Fig. 3). En forma general, puede admitirse que, en zona 0 la probabilidad de tener presente una atmósfera explosiva es la unidad (se

adopta $> 10^{-3}$), mientras que el modo de protección permitido es el de Seguridad Intrínseca, con una probabilidad de fallo capaz de inflamar de 10^{-12} .

Clasificación de áreas

La clasificación de áreas con atmósferas potencialmente explosivas es un método de análisis y cálculo que, en cumplimiento con las normas vigentes (IRAM-IAP-IEC 79/10), permite realizar una evaluación cuantificada del riesgo, para luego poder seleccionar adecuadamente el equipamiento, sistemas e instalaciones eléctricas por utilizar en dichas áreas.

Algunas normas europeas, como las españolas UNE, realizan una primera clasificación según la base de las "sustancias que pueden presentarse en la atmósfera generando un riesgo de explosión", y de acuerdo con ella, los locales o emplazamientos se dividen en **clases**. De tal forma tenemos:

Clase I: por presencia de **gases o vapores** inflamables.

Clase II: por presencia de **polvo** combustible (se excluyen los explosivos).

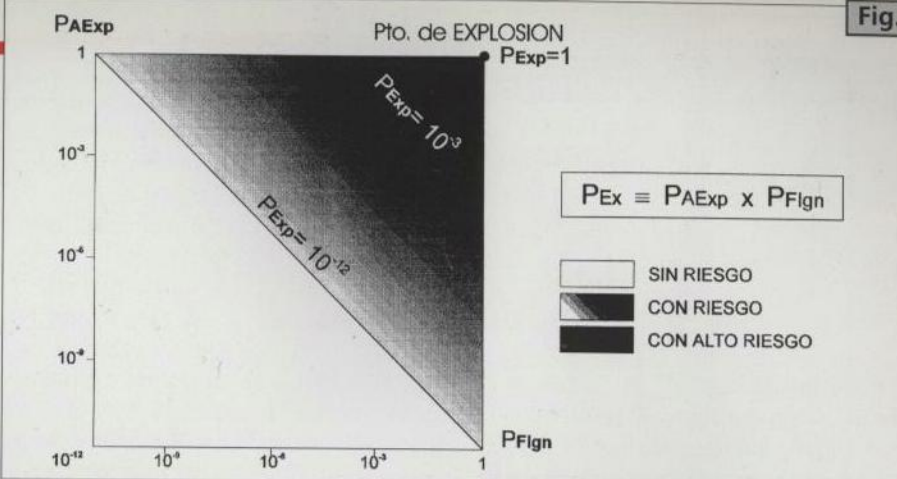
Clase III: por presencia de **fibras**.

Según lo habíamos anticipado, nos ocuparemos exclusivamente de las atmósferas explosivas debido a la presencia de gases o vapores inflamables: nos ocuparemos de las áreas **Clase I**.

El segundo criterio de Clasificación, que es el aplicado por las normas IRAM-IAP-IEC 79, tiene en consideración la "probabilidad de presencia de atmósfera explosiva". En tal sentido, los emplazamientos para atmósferas gaseosas explosivas se dividen en:

- **Zona 0:** Es aquella en la que una atmósfera de gas explosiva está presente de forma continua, o se prevé que esté presente durante largos o cortos períodos de tiempo, pero que se producen frecuentemente.
- **Zona 1:** Es la zona en la que se prevé que una atmósfera de gas explosiva pueda estar presente en forma periódica u ocasional durante el funcionamiento normal.
- **Zona 2:** Es aquella en la que una atmósfera de gas explosiva no se prevé que pueda estar presente en funcionamiento normal y si lo está, será de forma poco frecuente y de corta duración.

A su vez, la norma define las "áreas



no peligrosas o áreas seguras", como aquellas en las que no se prevé que exista una atmósfera gaseosa explosiva, en cantidades tales como para requerir precauciones especiales para la construcción, instalación y uso de los materiales eléctricos.

Para poder realizar la Clasificación de Áreas, vale decir, determinar el tipo de área o zona, calcular su extensión y sus particularidades en cuanto a la severidad del riesgo, se deben tener en cuenta:

1. Determinar el tipo de gases o vapores inflamables presentes. Las normas clasifican a los materiales eléctricos según el grupo de gases en el que pueden emplearse, del siguiente modo:

Grupo I: Materiales eléctricos destinados a las minas de carbón (grisú).

Grupo II: Materiales eléctricos destinados a otras industrias.

2. Definir los parámetros: LIE, LSE, EMI y TI.

3. Densidad relativa (d) de las sustancias inflamables respecto al aire (por ejemplo, la extensión horizontal de las zonas aumenta con el incremento de la densidad relativa).

De acuerdo con la norma, los gases y vapores se clasifican en "más pesados que el aire", para el caso en que $d > 1.1$, "más ligeros que el aire" si $d < 0.75$, y finalmente si $0.75 < d < 1.1$, se establece que deben respetarse las prescripciones relativas, tanto a los gases y vapores más pesados que el aire, así como a los más livianos.

4. Parámetros del proceso como presión y temperatura.

5. Localización, determinación y clasificación de las fuentes de liberación o escape. A tal efecto, la norma clasifica las fuentes de escape en "de grado continuo", "de primer grado", "de segundo" o de "grado múltiple" cuando se trata de una combinación de las anteriores. Existe una corresponden-

cia entre el nivel de la Clasificación y el grado de la fuente de escape o liberación, a través de la cual:

Zona 0 - Fuente de escape de grado continuo. Ej.: la interfase entre el líquido combustible y la atmósfera interior de un tanque.

Zona 1 - Fuente de escape de grado primario. Ej.: el sello de una bomba

Zona 2 - Fuente de escape de grado secundario. Ej.: fugas en bridas y accesorios de tuberías.

6. Tipo de ventilación. Las normas clasifican la ventilación en: intensa, media y baja. También clasifica la "disponibilidad" de la misma en alta, normal y pobre. Se debe tener en cuenta la d, la presencia de obstáculos, dirección del viento, la existencia de zonas bajo el nivel del suelo y en consecuencia mal ventiladas, etcétera.

Se recomienda que las instalaciones en donde se procesan, manipulan o almacenan sustancias inflamables, se diseñen de manera tal que las áreas peligrosas, particularmente las Zonas 0 y 1, sean mínimas, tanto en número como en extensión. Se debe tratar de reducir o limitar las fuentes de escape, a los efectos que la velocidad de liberación sea muy limitada. Así mismo, las normas recomiendan que se informe y consulte al responsable de la clasificación de áreas, todo lo relacionado con modificaciones en los equipos, en las instalaciones y en los procedimientos operativos.

Finalmente creemos conveniente aclarar que, si bien las normas se refieren a "áreas" cuando tratan de lugares con riesgo de explosión, las mismas normas aclaran debidamente que estas "áreas" deben interpretarse y graficarse como regiones o espacios tridimensionales.

Modos de protección

Se definen los modos de protección como "una serie de reglas constructivas

ZONA			MODO DE PROTECCION	
0	1	2	Seguridad intrínseca Especial (s) para zona 0	ia
	1	2	Todo modo de protección adecuado para zona 0 Seguridad intrínseca Envoltorio antideflagrante Seguridad aumentada Sobrepresión interna Inmersión en aceite Encapsulado Especial (s) para zona 1	ib d e p o (con restricciones) m
		2	Todo modo de protección adecuado para zona 0 y 1 Relleno pulverulento Antichispa Equipos convencionales con ciertos requisitos complementarios.	q n

tificación implica que un laboratorio independiente autorizado, ha verificado que el diseño y prestación del equipo es conforme a las reglas del modo o modos de protección que correspondan.

En cuanto a la responsabilidad del fabricante del equipo certificado, las normas establecen que éste es responsable en cuanto a que los equipos que suministra son idénticos a los certificados y que, para los casos en que corresponda realizar ensayos individuales sobre la totalidad de los equipos, estos ensayos han sido realizados con éxito y según los procedimientos establecidos.

Así mismo, todo material eléctrico construido con algún modo de protección deberá estar marcado de acuerdo a las normas, según la información que se detalla a continuación. El marcado tiene por objeto un adecuado uso, instalación y mantenimiento del equipo certificado.

- Nombre del fabricante o marca comercial.
- Designación dada por el fabricante.
- Símbolo: Ex (según IEC) o EEx (según CENELEC: Comité Europeo de Normalización Electrotécnica). Indica que el material está construido y ensayado para su utilización en atmósferas explosivas.
- Símbolo del modo de protección. (d, e, p, q, ia, ib, etcétera).
- Símbolo del grupo de gases (I, IIA, IIB ó IIC).
- Clase de temperatura (T1 a T6).
- Rango de temperatura ambiente de utilización. Se debe indicar sólo en el caso en que difiera del establecido por norma, de -20°C a 40°C.
- Número de serie.
- Siglas del laboratorio o autoridad que emite el certificado, seguido del N° de dicho certificado. En algunos casos se indica una letra X (condición especial) o bien una letra U (se trata de un componente, es decir que no tiene entidad propia como equipo completo).

Ejemplo:

Nombre del fabricante
Tipo o modelo
Ex de IIB T3
Serie N° 70418
LOM: 95.D.2014 X
No abrir con tensión

En este ejemplo se muestra un equipo dotado de los modos de protección por envoltorio antideflagrante "d" como principal por ser la primera letra, y

de seguridad aumentada "e". Por otra parte, está previsto para gases del Grupo IIB y una Clase de Temperatura T3 correspondiente a 200 °C. Se debe advertir en consecuencia, que aún cuando de acuerdo a su IEMS el equipo puede trabajar con cualquier gas del Grupo IIB, y por consiguiente también para todos los del IIA, sólo es apto para operar con los gases de estos grupos que tengan una temperatura mínima de inflamación superior a los 200°C.

Legislación

La Argentina como parte integrante del Comité Electrotécnico Internacional (CEI) ha decidido adoptar las Normas IEC (International Electrotechnical Commission). Actualmente el IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales), en conjunto con el IAP (Instituto Argentino del Petróleo) están editando las normas IRAM-IAP-IEC 79, basadas en el grupo de normas IEC 79. La legislación argentina (Higiene y Seguridad en el trabajo - Promoción Industrial, etc.) establece que se deberán respetar las recomendaciones de la AEA (Asociación Electrotécnica Argentina) en relación a las instalaciones en áreas con riesgo de explosión, y precisamente esta asociación exige en su reglamentación, el cumplimiento de las normas IRAM-IAP. A su vez, y en relación a las condiciones de seguridad de las instalaciones eléctricas, la ley expresa que todos los materiales, equipos y aparatos eléctricos estarán construidos de acuerdo a normas nacionales o internacionales vigentes.

La ley establece también que los fabricantes del material eléctrico para uso en ambientes especiales suministrarán al usuario copia de los Certificados de Aprobación. Esto lleva implícita la necesidad de realizar una Clasificación de Áreas, a los efectos de poder evaluar

racionalmente la validez del certificado. Por otra parte se indica taxativamente que "es responsabilidad del usuario, la selección del material adecuado para cada tipo de ambiente, teniendo en cuenta el riesgo".

CONCLUSIONES

Lo descripto precedentemente permite concluir que, en instalaciones donde se procesan y almacenan sustancias inflamables, la adquisición de equipos construidos según los Modos de Protección y su instalación de acuerdo a norma, así como la Clasificación de Áreas respetando los procedimientos establecidos en las normas vigentes, constituyen la metodología adecuada para prevenir los riesgos de explosión.

Así mismo, el conocimiento de las áreas de riesgo en cuanto a su peligrosidad y extensión, permitirá invertir donde corresponde y en la medida adecuada.

Por otra parte, siguiendo esta metodología se obtendrá una documentación técnica con sólidos fundamentos normativos (Clasificación de Áreas, Certificados, procedimientos de intervención y mantenimiento, etc.), que posibilitará reducir la prima de los seguros u obtener una mejor calificación de la ART y finalmente, permitirá demostrar un accionar profesional y empresario responsable.

BIBLIOGRAFÍA

- Normas IRAM-IAP-IEC 79.
- Normas IEC 79, BS 5345 parte 1 a 9 y UNE 20322.
- Explosion Protection Manual de BBC.
- NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations.
- Seminario Internacional de material Ex, SIMEX'96 organizado por CITEI/INTI y la Unión Europea.
- Prácticas recomendadas del IAP.
- Normas y Prácticas recomendadas de TOTAL.