

Análisis de riesgos y planes de emergencia en plantas de GNL

J. Santos Remesal
Jefe Departamento de Seguridad Industrial
Inerco, S. A.

1. Introducción

El gas natural constituye una de las fuentes de energía primaria más limpia, económica y abundante, circunstancia que ha favorecido un aumento espectacular de su consumo en los últimos años. El crecimiento del consumo ha motivado en España la necesidad de construcción de nuevas plantas de recepción, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado (Fig. 1 y 2), y la ampliación de las ya existentes, y ha provocado la construcción de gaseoductos para transporte a los puntos de consumo.

Sin embargo, las operaciones realizadas con el gas natural en di-

chas plantas llevan aparejado un riesgo inherente al carácter extremadamente inflamable del gas natural, de manera que cualquier fuga o escape puede desencadenar un incendio o la generación de una nube inflamable.

Estos riesgos potenciales exigen que estas plantas adopten estrictos criterios, tanto en el diseño de las instalaciones y equipos, como en la adopción de medidas de seguridad, para reducir al máximo la probabilidad de un incidente y minimizar sus consecuencias asociadas.

Asimismo, estas plantas tienen implantados sistemas de gestión de la seguridad y operación que garantizan la adecuada operación de la planta y su seguridad. No obstante, existe un margen para que una situación de riesgo se materialice y sea necesaria una respuesta inmediata para su control y mitigación.

Es en este momento, cuando disponer de un Estudio de Seguridad, donde se hayan evaluado el alcance de los posibles accidentes, y un Plan de Emergencia operativo, que defina la respuesta, aumentará el éxito en el control de la situación de emergencia. "Dada la vital importancia de los Estudios de Seguridad de accidentes graves y del Plan de Emergencia, tanto en Europa como en España, estas plantas están obligadas a disponer de ellos por encontrarse afectadas por el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, que trasponen a nuestro

Las operaciones llevadas a cabo con el gas natural en las plantas de recepción, almacenamiento y regasificación llevan aparejado un riesgo inherente al carácter extremadamente inflamable que presenta el gas natural. La existencia de dicho riesgo conlleva la adopción de criterios estrictos en el diseño de las instalaciones y equipos, en la adopción de medidas de seguridad y en los sistemas de gestión de la seguridad, todo ello encaminado a reducir la probabilidad de accidentes. Para solventar posibles riesgos y asegurar una respuesta inmediata es adecuado disponer de un Estudio de Seguridad y un Plan de Emergencia en las líneas que se describen en el presente artículo.



Figura 1. Recepción de gas natural licuado (GNL)



Figura 2. Almacenamiento de GNL

ordenamiento jurídico la Directiva 96/82/CE (Directiva Seveso II)".

Para conocer el alcance de los posibles accidentes y el operativo para mitigarlos y/o evitarlos, es necesario conocer cuáles son los riesgos de accidentes graves más significativos de las plantas de recepción, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado, además de analizar las técnicas para identificar y evaluar el alcance de dichos accidentes y definir los elementos esenciales de un Plan de Emergencias, a fin de garantizar el control eficaz en un momento de emergencia.

2. Riesgos de accidentes graves

La identificación y evaluación de los riesgos posibles en las plantas de recepción, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado tiene por objeto esencial el anticiparse a lo que pueda ocurrir en una emergencia, basándose en el conocimiento lo más exacto y preciso posible de las potenciales emergencias y sus previsibles evoluciones.

Para determinar la relación de accidentes graves, es preciso analizar e identificar los posibles accidentes asociados a las condiciones normales de operación, a las distintas fases de la actividad (arranque, parada, etc.), a fallos o desviaciones de las condiciones normales de operación, a las fuentes de riesgo externas y fenómenos naturales, al transporte de mercancías peligrosas, etc. Y además de la seguridad propia del establecimiento, también a actuaciones prohibidas, intrusismo, sabotaje, etc., y el posible efecto dominó de accidentes de instalaciones colindantes.

Por tanto, la identificación de accidentes se basará en un conocimiento detallado, por parte del analista de riesgos, del proceso llevado a cabo y de las medidas de seguridad adoptadas, que será complementado con técnicas de análisis de riesgo, como bases de datos de accidentes, análisis de peligros y operatividad (HAZOP), análisis *what if*, etc.

De esta manera, la identificación sistemática de accidentes permitirá seleccionar los accidentes graves que representa el riesgo de las plantas de recepción, almacenamiento y regasificación de GNL, y que deben ser objeto de evaluación para determinar la magnitud y alcance de sus consecuencias.

2.1. Tipos de accidentes por instalaciones

En síntesis, el proceso llevado a cabo en estas plantas es la descarga del GNL de los metaneros y el almacenamiento a presión atmosférica a -160°C en grandes tanques criogénicos, desde los que se bombea en estado líquido hasta la presión de la red (75 kg/cm^2 normalmente) para ser vaporizados y expedidos por el gasoducto. En este sentido, los sistemas básicos que constituyen una planta de este tipo (en la figura 3 se muestra un diagrama de flujo de la misma) y los riesgos de accidentes graves asociados son en líneas generales:

- Pantalán de descarga
 - Rotura, fuga o desconexión del brazo de descarga.
 - Rotura o fuga en el colector de GNL.

- Tanques de GNL
 - Rotura o fuga en la línea de llenado del tanque.
 - Disparo de las PSV's.
 - Rotura o fuga en la línea de impulsión de las bombas primarias.

- Bombas secundarias de envío a vaporizadores
 - Rotura o fuga en la línea de impulsión de las bombas secundarias.

- Vaporizadores
 - Rotura o fuga en la línea de salida de GN de vaporizadores.

- Recuperación de vapores
 - Rotura o fuga en la impulsión de los compresores de *boiloff*.

- Instalaciones para la odorización con THT del GN.

- Fuga en operaciones de llenado de tanques.
- Fuga en tanque.
- Fuga en línea de trasiego a aditivación.

- Cargadero de cisternas
 - Rotura, fuga o desconexión de brazo de carga de cisternas.

Además de la posibilidad de instalaciones auxiliares, como cargaderos de cisternas, calderas, etc.

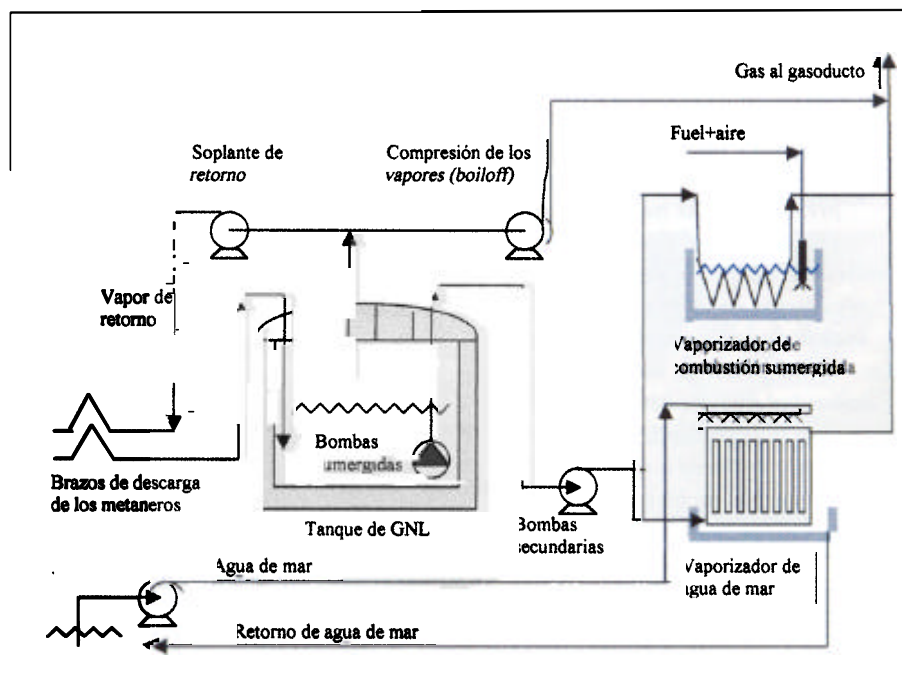


Figura 3. Diagrama de flujo de una planta de recepción, almacenamiento y regasificación de GNL.

2.2. Medidas de seguridad a tener en cuenta

Un resultado importante de la fase de identificación de accidentes graves es analizar en detalle las medidas de seguridad adoptadas por la planta y que condicionarán las posibles evoluciones del accidente y su magnitud. Entre otras medidas de seguridad a considerar y que habitualmente están adoptadas en este tipo de plantas, estas medidas son:

- Parada de la descarga de buques ante desconexión del brazo.
- Piscina de recogida de derrames en pantalán.
- Disposición de canaletas de recogida y conducción de derrames junto a las líneas de trasiego.
- Detectores de frío.
- Válvulas de corte automático dispuestos por tramos de tuberías.
- Sprinklers y rociadores en todos los equipos o instalaciones con mayor probabilidad de escapes (bombas, cargaderos, etc.).
- Red contra incendios.

3. Evaluación de los riesgos de accidentes graves

El conocimiento de la magnitud y alcance de las consecuencias de un accidente industrial permite estimar los medios necesarios para el control de una emergencia y minimización de los daños. Para ello, el proceso a seguir en la evaluación del accidente pasa por:

- a) Delimitación de las posibles evoluciones del accidente.
- b) Análisis de la naturaleza y magnitud de las consecuencias.
- c) Estimación de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos indeseados y sus distintas evoluciones.
- d) Caracterización del riesgo.

a) Delimitación de las posibles evoluciones del accidente

La aplicación de la técnica del árbol de suceso permite de una manera sencilla analizar las posibles evoluciones del accidente, que en el caso del gas natural se concretan en

- El posible incendio de un charco (*pool fire*) en caso de fuga de gas natural licuado.
- El posible incendio de un dardo (*jet fire*) en caso de gas natural en fase gas.
- La formación de una nube inflamable originada por una fuga de gas natural en fase gaseosa o la evaporación desde un charco de gas natural licuado.

b) Análisis de la naturaleza y magnitud de las consecuencias

Una vez definidas las diferentes evoluciones para cada uno de los accidentes, es preciso determinar la evolución con la distancia de los efectos asociados a los fenómenos de tipo mecánico (ondas de presión), térmico (radiación térmica) y químico (exposición a gases o sustancias tóxicas), para los distintos accidentes identificados. De esta manera se evaluarán las consecuencias sobre los elementos vulnerables (personas y medio ambiente) mediante los criterios de daño o vulnerabilidad establecidos por la legislación de prevención de accidentes graves. Para llevar a cabo un adecuado análisis de la magnitud de las consecuencias es preciso la utilización de modelos de cálculo de efectos y consecuencias validados y reconocidos internacionalmente, que permitan simular lo que sucedería si el accidente se produjese.

En este punto, y dada la naturaleza y comportamiento que tendría una fuga de gas natural licuado a

-160°C, para llevar a cabo una correcta evaluación, el analista de riesgos ha de optar por la utilización de modelos que han sido específicamente desarrollados para el gas natural y validados por organismos internacionales en la materia, que permiten simular el comportamiento de una fuga de gas natural licuado. En el Cuadro 1 se dan las características de dos modelos.

c) Estimación de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos indeseados y sus distintas evoluciones

Para evaluar la probabilidad de que se produzca un accidente y sus consecuencias es preciso determinar el conjunto de sucesos iniciadores que lo desencadenan y caracterizar las frecuencias de ocurrencia. Para ello es preciso disponer de bases de datos internacionales de tasas de fallo de equipos y componentes, y elaborar y evaluar los denominados árboles de fallo, que analizan el accidente partiendo de posibles sucesos básicos o iniciadores. Además, se determinarán las probabilidades de las posibles evoluciones del accidente y la frecuencia de las condiciones meteorológicas.

d) Caracterización del riesgo

A partir de los resultados del alcance de las consecuencias y de la probabilidad de ocurrencia, su combinación en términos probabilísticos permite determinar el riesgo,

Cuadro 1.

Son modelos desarrollados para el gas natural:

- **DEGADIS:** desarrollado por U.S. Coast Guard y Gas Research Institute para simular la dispersión de gases criogénicos inflamables. El modelo permite evaluar la dispersión de fugas de gases más pesados que el aire a nivel del suelo. Ha sido validado como modelo de dispersión explícitamente nombrado en la NFPA 59A, Standard for the Production, Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG), utilizada como base para el diseño de instalaciones de almacenamiento y gasificación de GNL. Por ello es empleado como modelo de dispersión y cálculo de consecuencias en los escenarios que involucrarán fuga/derrame de GNL.
- **LNGFIRE:** "A Thermal Radiation Model for LNG Fires". Este modelo ha sido explícitamente nombrado en el US LNG code, NFPA 59A, y es ampliamente utilizado en la industria del (GNL) en Norte América. El modelo calcula la incidencia de la radiación de calor sobre un blanco dado asumiendo la forma de fuego, el factor de forma calculado y la transmisividad para la determinación de la radiación térmica. Este modelo es utilizado para determinar la radiación térmica derivada de la ignición de derrames de GNL sobre agua o suelo

expresado como riesgo individual (probabilidad por año de que una persona, a cierta distancia de una actividad industrial, se vea letalmente afectada por un accidente de la actividad industrial en cuestión) o como riesgo de grupo (probabilidad por año de que un número mínimo de personas se vea letalmente afectado por un accidente de la actividad industrial considerada).

4. Planificación de emergencias

El Plan de Emergencia constituye el marco documental en el que se define la organización, se determinan los recursos a movilizar y se diseña el plan estratégico-táctico, necesarios para el control eficaz de las posibles situaciones de riesgo. El desarrollo de un Plan de Emergencia consta de las siguientes actuaciones:

- Identificación y evaluación del riesgo.
- Diagnóstico de la capacidad de respuesta para el control de la emergencia.
- Organización ante la emergencia.
- Establecimiento de planes operativos ante cada tipo de emergencias.

- Coordinación con el exterior.
- Implantación y mantenimiento de la operatividad del Plan de Emergencia.

- Identificación y evaluación del riesgo

La identificación y evaluación del riesgo (en la figura 4 se muestra una pantalla principal para su realización) asociado a un establecimiento industrial tiene por objeto anticiparse a lo que puede ocurrir en una emergencia, basándose en el conocimiento de las potenciales emergencias y sus evoluciones. De esta manera, se podrían estimar los medios necesarios para su control y la minimización de los daños. Asimismo, la identificación y evaluación del riesgo debe ser abordada en el ámbito del Estudio de Seguridad de la planta y los resultados deben alimentar el Plan de Emergencia.

- Diagnóstico de la capacidad de respuesta

Se debe evaluar la disponibilidad y la capacidad de los siguientes medios de autoprotección:

- Factor humano, en cuanto al conocimiento del riesgo y el adiestramiento para la dirección, coordinación, intervención y asistencia

médica durante una emergencia.

- Medios materiales para la intervención y la protección personal ante los diferentes riesgos.
- Recursos técnicos y materiales para la recuperación y restauración de los daños sobre el medio ambiente.
- Sistemas de aviso y comunicación.
- Medios y centros para el control y la coordinación de la emergencia.

- Organización ante la emergencia

En el Plan de Emergencia se debe establecer una estructura organizativa que garantice la prestación de los siguientes servicios y misiones generales, a cubrir en cualquier situación de emergencia:

- Dirección y coordinación de actuaciones y de recursos movilizados durante la emergencia.
- Intervención directa en el lugar del accidente para el control de la emergencia.
- Control del proceso.
- Asistencia sanitaria y evacuación de afectados.
- Gestión ambiental.
- Apoyo logístico, de forma que se garantice la operatividad de los servicios esenciales durante la emergencia y la consecución de materiales y equipos.
- Relaciones con agentes externos (autoridad, medios de comunicación, etc.).
- Tráfico de vehículos y personas.

- Planes Operativos de Intervención

Para cada situación de riesgo que se puede originar se deberán establecer procedimientos de actuación e instrucciones precisas, dirigidas a las personas implicadas en la emergencia, con el fin de informar sobre el control seguro de cada tipo de accidente. Así, los Planes Operativos de Intervención deberán disponer de la siguiente información:

- Riesgos asociados a cada emergencia.



Figura 4. Pantalla principal de la evaluación de riesgos

- Equipamiento de protección personal y medios de intervención.
- Instrucciones precisas para la comunicación, control del riesgo y minimización de las consecuencias sobre las personas y el medio ambiente.
- Principales efectos derivados del riesgo y recomendaciones para la aplicación de los primeros auxilios.
- Criterios de notificación al exterior y solicitud de ayuda.

Coordinación con el exterior

La planificación de emergencias en la industria tiene una doble dependencia del exterior: por una parte, la posible repercusión adversa que sobre el entorno se puede derivar de un accidente industrial y, por otra, la necesidad de solicitar

medios de intervención del exterior para el control de la emergencia.

Derivado de esta doble dependencia, en la industria se deben establecer mecanismos claros de integración y coordinación del propio Plan de Emergencia del establecimiento industrial con los Planes de Emergencia establecidos por los Servicios de Protección Civil, o bien con Pactos de Ayuda Mutua entre instalaciones.

- Implantación y mantenimiento de la operatividad del Plan de Emergencia

En relación al factor humano, y teniendo en cuenta que va a actuar en situaciones de gran estrés, esfuerzo y rapidez de acción, resulta

fundamental la garantía de un adecuado conocimiento del riesgo, de los Planes Operativos de Intervención y de la capacidad de respuesta segura. Para ello, se debe diseñar e implantar un completo plan de formación y adiestramiento periódico, donde deben jugar un papel relevante los simulacros de emergencia, que permiten poner a prueba los medios de autoprotección.

IQ

Más información gratuita y rápida marcando en la última página el nº 56

BRONKHORST HI-TEC

LIQUI-FLOW

EL-FLOW
mass flow meter/controller

MICROCAUDALÍMETROS para gases y líquidos

Innovación servicio y calidad de producto constituyen la base del éxito Bronkhorst HI-TEC. Una muestra de ello lo constituye el exclusivo elemento de flujo laminar a base de discos microrranurados que incorporan sus caudalímetros (MFM) y controladores de caudal (MFC) másicos para gases, el cual asegura una respuesta estable y predecible frente a las más variables condiciones de proceso. Disponibles para caudales de 0.06 Nm³/min. a 1.800 Nm³/h los MFM y MFC pueden suministrarse con electrónica convencional o digital para conexión a FLOW BUS.

La línea de instrumentación HI-TEC se complementa con sistemas de mezcla de gases, medidores y controladores de caudal másico para líquidos (LIQUI-FLOW) y presión (EL-PRESS).

IBERFLUID
INSTRUMENTACIÓN

Cardenal Reig, 12 • 08026 Barcelona
Tel. 93-333 36 03 • Fax 93-334 05 24