

08-008

HAZOP METHODOLOGY FOR THE IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF RISKS IN LNG SATELLITE PLANTS

García Gómez, Francisco Javier⁽¹⁾; González Gaya, Cristina⁽¹⁾; Morales Camprubi, Felipe⁽¹⁾

⁽¹⁾UNED

This document presents a methodology to be used as a guide for the identification and analysis of risks in liquefied natural gas (LNG) satellite plants.

A search and consultation of the current legislation, sectoral regulations, documents and guides with the available techniques relating to safety and their applications in LNG facilities is carried out, and there are multiple and different tools and methods to be taken into account for risk analysis. The importance of the standards NFPA 59 A and UNE-EN 1473 for the design of LNG plants and the relevance they give to the risk analysis and the subsequent implementation of the security measures required to guarantee acceptable levels of risk in the LNG plants.

Later, among all the available tools, the HAZOP method is selected as a reference process for the identification and analysis of risks in the proposed methodological guide for its application in LNG satellite plants.

Keywords: *LNG satellite plant; risk; HAZOP*

METODOLOGÍA HAZOP PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS EN PLANTAS SATÉLITES GNL

En el documento se presenta una metodología a utilizar como guía para la identificación y análisis de riesgos en Plantas satélites de gas natural licuado (GNL).

Se realiza una búsqueda y consulta de la legislación vigente, normativa sectorial, documentos y guías con las técnicas disponibles referentes a seguridad y sus aplicaciones en instalaciones de GNL, y se encuentran múltiples y diferentes herramientas y métodos a tener en cuenta para el análisis de riesgos. Se destaca la importancia de las normas NFPA 59 A y UNE-EN 1473 para el diseño de plantas de GNL y la relevancia que dan a los análisis de riesgos y la posterior implementación de las medidas de seguridad requeridas para garantizar niveles de riesgo aceptables en las plantas de GNL.

Posteriormente, entre todas las herramientas disponibles, se selecciona el método HAZOP como procedimiento de referencia para la identificación y análisis de riesgos en la propuesta de guía metodológica para su aplicación en plantas satélites de GNL.

Palabras clave: *Planta satélite GNL; riesgo; HAZOP*

Correspondencia: Francisco Javier García Gómez - fgarcia623@alumno.uned.es

1. Introducción

La industria del gas natural en España es un sector consolidado con una amplia experiencia que se traduce en un diseño y operación que busca conseguir elevados estándares de seguridad. El gas natural empezó a introducirse en España a finales de la década de los 60 y en noviembre de 1970 se puso en servicio la primera planta satélite de gas natural licuado (GNL), existiendo en la actualidad más de 900 plantas satélites de GNL que dan suministro a distintos puntos de consumo que no tienen conexión con las redes de gas canalizado.

El gas natural licuado (GNL) es un gas combustible compuesto aproximadamente en un 95% a 97% de metano (gas natural) en forma líquida, y el resto consiste en otros hidrocarburos, como etano y propano, nitrógeno u otros componentes que se encuentran normalmente en el gas natural (UNE-EN ISO 16903 y UNE 13645), que ha sido procesado para ser transportado y almacenado en forma líquida a presión atmosférica y a -160°C .

Una planta satélite es el conjunto de instalaciones de almacenamiento de gas natural licuado (GNL) con capacidad de almacenamiento geométrica conjunta de hasta 1.000 metros cúbicos y presión máxima de operación superior a 1 bar, regasificación y regulación destinadas al suministro directo de gas natural a redes de distribución o instalaciones receptoras, y en las que el abastecimiento se efectúa mediante la descarga de cisternas que por vía terrestre transportan el GNL desde una planta de almacenamiento de mayor entidad. El diseño, construcción y montaje de las plantas satélite de GNL, así como la clasificación según su capacidad geométrica, se realizarán de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 60210.

Es prioritaria la búsqueda de niveles de seguridad adecuados en las plantas satélites de GNL con el objeto de disminuir la probabilidad de accidentes y sus eventuales consecuencias, en caso de que éstos ocurran. La realización de análisis de riesgos, como mecanismos de soporte para el diseño y la operación de las instalaciones, aumentan los niveles de seguridad.

La NFPA 59 A “Norma para la producción, almacenamiento y manejo del gas natural licuado (GNL)” es la norma más ampliamente utilizada a nivel mundial para el diseño de plantas de GNL, y comparte junto con la norma UNE-EN 1473 - “Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres” la importancia de realizar análisis de riesgos e implementar las medidas de seguridad requeridas para garantizar niveles de riesgo aceptables en las plantas de GNL. Los mismos principios de seguridad son extrapolables a las plantas satélites de GNL. Como complemento a estas normas están los reglamentos industriales, la normativa técnica de referencia, los estándares de diseño y la experiencia acumulada.

2. Objetivos

El objeto de este documento es proponer una guía metodológica para la identificación y análisis de riesgos en plantas satélites de GNL, seleccionando para ello un método de referencia entre las herramientas disponibles.

Se ha realizado una recopilación y estudio de la legislación vigente (RD 919/2006 y sus ITC), notas técnicas (NTP del INSHT) y documentos (Sedigas) con las mejores técnicas disponibles referentes a seguridad en Plantas de GNL, y se han encontrado diferentes metodologías para la identificación y análisis de riesgos. En las normas NFPA 59 A y UNE-EN 1473, así como en las NTP publicadas por el INSHT, se mencionan diferentes herramientas y métodos a tener en cuenta: el Método HAZOP, Fire Hazard Analysis (FHA) y Estudio de Alcance de Consecuencias (EAC), SIL (Safety Integrity Level), Verificación y

SRS (Safety Requirement Specifications), QRA (Quantitative Risk Assessment), FMEA (Failure Mode Effects Analysis), y otros.

Aunque son ampliamente utilizados en grandes instalaciones industriales, su empleo no se encuentra tan extendido en instalaciones de menores dimensiones como las plantas satélite. En consecuencia, parece adecuado seleccionar, de entre los métodos disponibles, el que se considere idóneo como referencia para desarrollar la guía metodológica que permita identificar y analizar los riesgos de las plantas satélites de GNL.

3. Metodología

3.1 Filosofía de la gestión de riesgos

La norma UNE-ISO 31000 proporciona las directrices generales para la gestión del riesgo contemplando la identificación del riesgo, su análisis y posterior evaluación.

Siguiendo la filosofía de esas directrices, la diversa metodología existente busca identificar los riesgos que pueden ocurrir en las instalaciones tanto de origen externo como interno, analizar las posibles causas, evaluar la gravedad de sus consecuencias, y también identificar las zonas o equipos que forman parte de la instalación que afecten al riesgo, para tratar de conseguir mejoras en el diseño y medidas correctoras que minimicen los riesgos.

La selección de las técnicas a aplicar para el estudio de riesgos será en función del objetivo concreto buscado, proceso de ejecución y las necesidades de recursos a emplear.

Para el caso que nos ocupa, el método seleccionado tendrá como objetivo prioritario garantizar los máximos niveles de seguridad en el diseño de las plantas satélites de GNL, considerando los tipos de instalaciones que se utilizan para las operaciones de almacenamiento, transporte, carga y descarga, así como las características del GNL.

La Tabla 1 presenta un extracto de algunos de los métodos para estudio de riesgos a emplear, según las normas NFPA 59 A y UNE-EN 1473, en función de la cuestión de seguridad a considerar y su aplicación, que se pueden utilizar en plantas de GNL.

Tabla 1: Extracto métodos estudio riesgos según NFPA 59 A y UNE EN 1473

Cuestión de seguridad	Método	Aplicación
Análisis de riesgos	HAZOP QRA FMEA	Identificación de los riesgos. Valoración del riesgo. Distancias de seguridad. Propuesta de medidas correctoras.
Control de fugas o derrames de gas en la planta de GNL	HAZOP FHA o EAC	Definición de los sistemas de confinamiento de fugas o derrames. Prescripciones y condiciones para control de fugas o derrames. Distancias de seguridad.
Sistema de parada de emergencia y seguridad	HAZOP SIL	Identificar situaciones de riesgo Revisión de instrumentación y medidas correctoras
Sistema de control	SRS	

3.2 Método HAZOP (HAZards and OPerability)

El método HAZOP surge en los años 60 en la compañía británica ICI (Imperial Chemical Industries) para estudiar la seguridad en los procesos químicos asociados a la fabricación de pesticidas. Actualmente es el método más empleado a nivel internacional en la industria química, farmacéutica, petróleo y gas, y nuclear, por considerarse el más completo y riguroso. De entre los métodos disponibles, según se deduce de la Tabla 1, el HAZOP es el más versátil para considerar diferentes aspectos de seguridad del GNL. Además, es una herramienta particularmente útil en áreas de almacenamiento con equipos de regulación o sistemas de trasiego como los existentes en plantas satélites de GNL.

Por todo ello se selecciona como método de referencia.

En general, la metodología se fundamentará en un análisis detallado de las posibles desviaciones de las condiciones normales de operación en los componentes de la planta. Se seleccionará un equipo de trabajo que seguirá una estructura analítica usando un conjunto de palabras guía (no, más, menos...) para detectar desviaciones de las condiciones normales del proceso en puntos clave (llamados "nodos"). Estas palabras clave se aplicarán a los parámetros más relevantes (flujo, presión, temperatura, nivel...), con el fin de identificar las posibles causas que generan esta situación, las consecuencias de las desviaciones de estos parámetros de los valores predichos, así como las protecciones instaladas para evitarlos. Y su efectividad dependerá en gran medida de la habilidad y experiencia de los miembros del equipo de trabajo para identificar todos los riesgos posibles.

Cabe destacar que HAZOP es una herramienta que se puede utilizar en diferentes fases de la ingeniería, tanto básica como detallada. Además, su uso en la fase operativa para la revisión periódica de las condiciones de seguridad de diferentes instalaciones industriales ya se ha establecido como un estándar interno en muchas organizaciones.

3.3 Ventajas e inconvenientes

A diferencia de los otros métodos, más enfocados a los riesgos convencionales, el método HAZOP permite estudiar la complejidad de los riesgos asociados al manejo del GNL a causa de sus propiedades químicas, y además presenta las siguientes ventajas:

- Al ser una técnica sistematizada muy exhaustiva puede crear un método de rutinas eficaces desde el punto de vista de seguridad.
- Es una oportunidad para discutir diferentes formas de ver la instalación, contrastando los distintos puntos de vista de los expertos que forman el equipo de trabajo.
- El coordinador y el resto de los especialistas del equipo de trabajo mejoran su experiencia y conocimiento del proceso.
- No necesita grandes recursos, excepto el tiempo de dedicación.

No obstante, como inconvenientes encontramos que: al ser una técnica cualitativa, no se hace una evaluación real de la frecuencia de las causas que pueden originar una consecuencia específica ni de la repercusión de ésta; y los resultados obtenidos dependerán fundamentalmente de la calidad y competencia del equipo de trabajo y de la información disponible, pues incluso se puede dar el caso de ignorar un riesgo si los datos de partida son incompletos o están equivocados.

4. Resultados. Aplicación metodología en plantas satélites GNL

4.1 Descripción general

La herramienta HAZOP posibilita afrontar el estudio de la seguridad de los componentes de una Planta satélite de GNL.

El desarrollo y la aplicación de la metodología a las plantas de satélite de GNL, permitirá formular recomendaciones, en particular, sobre las condiciones de diseño de las instalaciones (tuberías, equipos, válvulas, aislamiento de los equipos para el mantenimiento, accesibilidad de instrumentos y equipos, etc.), los sistemas de control (necesidad de instrumentación adicional y telemando, indicadores, etc.), los sistemas de señalización o emergencia (configuración de alarmas, válvulas de seguridad, carteles seguridad, etc.) o los procedimientos y documentación escritos, y también dar lugar a recomendaciones para estudios de detalle específicos.

El método se compone de las **etapas** que se describen a continuación.

4.2 Fijación de objetivos y definición del área de estudio

El método puede ayudar a conseguir distintos objetivos, que es preciso determinar por parte del personal responsable de la planta o del proyecto, con la contribución del coordinador del análisis.

En general el objetivo es reconocer las alteraciones peligrosas de la operación con los fallos que las originan y las consecuencias que producen.

Se delimitarán las áreas a las cuales se aplica la técnica. Se puede realizar un estudio detallado de toda la instalación, o bien focalizarlo a una parte de los componentes o del proceso, como, por ejemplo: la comprobación de la seguridad de los procedimientos de trabajo establecidos (operaciones de carga y descarga de cisternas, actuaciones en caso de fuga de gas...), la verificación de la seguridad de los elementos de regulación y control, etc.

4.3 El equipo de trabajo

El método se realiza en equipo, en sesiones de trabajo que serán dirigidas por un coordinador. Se forma un grupo de trabajo permanente que estará constituido por un mínimo de tres personas y por un máximo de siete.

Adicionalmente se puede recurrir a consultas puntuales e invitar a asistir a determinadas sesiones a otros especialistas o técnicos de otras áreas.

Es recomendable que las personas que formen parte del equipo de trabajo posean un buen conocimiento de la planta y dilatada experiencia en su actividad, además de estar motivadas a participar activamente. Salvo el coordinador, no es necesario que el resto de equipo tenga un conocimiento previo del método en sí.

Uno de los componentes del equipo de trabajo se encargará de realizar las actas con la transcripción de las sesiones de manera rigurosa y detallada. Deberá ser una persona con capacidad de síntesis y conocimiento del método y de la instalación.

La persona designada como coordinador del grupo podrá ser el técnico en prevención de riesgos laborales y debe contar con amplia experiencia industrial.

Además, el coordinador deberá de ser una persona objetiva y con capacidad de organización (para potenciar la participación de todo el equipo, favorecer ambiente colaboración y competencia constructivo, evitar la dispersión, estimular la creatividad y la imaginación, etc.).

Las funciones del coordinador del grupo son: reunir información previa (documentación del proceso, instrucciones técnicas...), hacer la planificación, liderar las sesiones de trabajo y

moderar los debates, vigilar que la metodología se aplica adecuadamente para asegurar que las cuestiones tratadas permitan proponer soluciones contrastadas a los problemas detectados, y recopilar los resultados para su análisis y posterior seguimiento de los puntos que requieran investigación complementaria.

Se podría estimar de una hora y media a tres horas el tiempo de dedicación necesario para cada sesión de trabajo. No es recomendable realizar sesiones con duración superior a tres horas por fatiga del equipo.

Una propuesta para la composición del equipo de trabajo sería la siguiente:

- Coordinador del grupo - Técnico prevención riesgos laborales.
- Responsable de proceso - Ingeniero proyectista.
- Responsable de operación de la planta.
- Responsable de seguridad.
- Responsable de mantenimiento.

4.4 Documentación necesaria

La información y documentación básica para recopilar en las actividades preparatorias, dependerá del área de estudio, según la complejidad de la planta, y de los objetivos fijados.

La relación de documentos que pueden ser necesarios, como mínimo, son:

- Fichas/Hojas de datos de seguridad con las características y peligrosidad de los productos químicos implicados en la planta. En particular se requerirá Ficha técnica de Seguridad del gas natural sin odorizar, del gas natural odorizado, del gas natural licuado (GNL), del Tetrahidrotiofeno y del Nitrógeno (INSHT y Sedigas).
- Diagramas de tuberías e instrumentación (diagramas P&ID) que sean una imagen fiel de los circuitos que se someten a revisión y con datos completos sobre los diversos componentes de la instalación, (tuberías, válvulas, equipos, elementos de seguridad, etc.), sus características, sus condiciones de trabajo y sus limitaciones. Según la complejidad del proceso se deberá completar con diagramas de flujos de proceso (PFD).
- Plano actualizado del emplazamiento e implantación de la instalación.
- Descripción del proceso y de la lógica de control y corte. Si la planta ya está en funcionamiento será necesario el manual de operación; si son de nueva construcción el documento descriptivo del proceso y operación deberá ser aportado por la ingeniería o el fabricante.
- Instrucciones y procedimientos de trabajo. Esta documentación escrita para las operaciones sólo será necesaria en caso de que se pretenda incluir un estudio específico de cada uno de los procedimientos. Debe incluir de forma secuencial y detallada las diferentes operaciones a realizar en cada parte del proceso y sus condiciones (presión, temperatura). Y todo ello identificado con los PFD.
- Servicios auxiliares, sus propiedades y disponibilidad (aire comprimido, electricidad).
- Detalle de los sistemas de emergencia.
- Datos obtenidos en anteriores estudios de seguridad.

También es interesante utilizar una simbología para representar de forma simplificada las operaciones (descarga de cisternas, almacenamiento de producto, regasificación, regulación, odorización, etc.), y es indispensable identificar correctamente todas las intervenciones humanas.

4.5 Definición de nodos

Se definirán los nodos en función de cada uno de los subsistemas en los que se divide el área a estudiar, y serán puntos claramente identificados y caracterizados por variables del proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, fase gas o líquida, etc. Habitualmente un nodo es uno de los equipos principales, un circuito de tubería o un conjunto de ambos cuando tienen una misma función.

El coordinador establecerá una **intención** a cada nodo, que será una descripción de la operativa de funcionamiento seguro esperado del nodo, señalando las condiciones de operación normales de las variables del proceso más relevantes (presión, temperatura, caudal, etc.). En la Tabla 2 se presentan una propuesta de las variables a considerar.

Tabla 2: Variables de proceso a considerar en cada Nodo

Variables de proceso a considerar en cada Nodo			
Opcionales	Obligatorias		
Generales (situaciones del proceso)	Generales (situaciones del proceso)		Específicas (aspectos físicos del proceso)
TRANSFERENCIA PARO/MARCHA MEDIDA CONTROL / INSTRUMENT PRUEBAS CARGA / DESCARGA CORROSIÓN PURGA /INERTIZADO	IMPLANTACIÓN SUCESO EXTERNO FACTOR HUMANO	SERVICIOS MANTENIMIENTO CONFINAMIENTO	NIVEL CAUDAL PRESIÓN TEMPERATURA COMPOSICIÓN FASE

El coordinador del equipo de trabajo, a partir de su experiencia, debe hacer una propuesta de división en nodos y elaborar una relación de los mismos, que deberá estar disponible al inicio de las sesiones para su validación o modificación por parte del grupo.

Para evitar errores en la interpretación, se asignará una numeración a los nodos y se deberán reflejar de forma nítida en los diagramas de flujo de proceso, o de tuberías e instrumentos, P&ID, incorporando las referencias que sean necesarias a los circuitos de tuberías y equipos que componen el nodo.

Se tendrán en cuenta las siguientes pautas para seleccionar los nodos:

- Cada uno de los diagramas de tuberías e instrumentación estará referenciado en un nodo.
- También se puede contemplar la posibilidad de hacer un análisis de la instalación entera, utilizando un nodo global.
- Seleccionar conjuntos de líneas y equipos relacionados entre sí, donde la intención que se haya establecido para el nodo y sus variables se pueda aplicar a la totalidad del mismo.
- Deben estar encadenados, todos los subsistemas del proceso deben analizarse de forma que el final de un nodo sea el inicio del siguiente.
- Se deben incluir en el mismo nodo los equipos que trabajen con una misma función.

- Con el objeto de mejorar la eficacia en la aplicación del método, es importante que la dimensión de los nodos sea la apropiada para permitir un estudio coherente y comprensible para todos los componentes del grupo. Si el nodo es demasiado grande puede llegar a ser inmanejable y dificultar la identificación de causas y consecuencias, y si el nodo es demasiado pequeño puede dificultar su análisis sin tener en cuenta nodos próximos.

Teniendo en cuenta lo anterior, de forma orientativa se proponen los siguientes conjuntos de nodos que pueden ser objeto de estudio en plantas satélites de GNL:

- La instalación de almacenamiento del GNL, formada por depósitos criogénicos, incluyendo las líneas para llenado y vaciado.
- Los componentes para la operación de descarga de cisternas empleando regasificadores y materiales criogénicos (válvulas para maniobra, flexibles para conexión...).
- Los componentes para la regasificación de GNL a gas natural por transferencia de calor.
- Los componentes para regulación, seguridad y odorización previstos antes de la salida del gas de la planta.
- Equipamiento para control y registro de los datos de operación de la planta satélite.

Se pueden incluir instalaciones adicionales tales como: defensa contra incendios, obra civil asociada (viales para acceso, cubeto de contención, vallado, etc.), instalación eléctrica u otras relacionadas con la seguridad de la planta.

El exterior de la planta satélite de GNL se tratará como otro nodo. En este caso el análisis se centra en las condiciones ambientales en las que opera la planta (exterior), teniendo en cuenta las posibles desviaciones que puedan afectar al completo funcionamiento normal de la planta.

4.6 Empleo de Palabras guía

Se aplicarán palabras guía para el análisis ordenado de las posibles desviaciones de las variables que intervienen en el proceso, de forma cualitativa o cuantitativa, y se emplearán con cada uno de los nodos en los que se divide la instalación para determinar si una causa particular puede llevar a una situación de peligro o de mal funcionamiento de la instalación.

La Tabla 3 presenta una relación de palabras guía y su significado.

Tabla 3: Palabras guía

Palabra guía	Significado
No	Negación o ausencia de las especificaciones de diseño
Más	Aumento o disminución cuantitativa en un elemento de proceso (cuya magnitud se puede medir. Pueden ser cantidades como: caudal, presión, temperatura, etc.; o actividades como: reaccionar, calentar, etc.)
Menos	
Inverso	Opuesto a la dirección de operación prevista o contrario a la actuación programada (se obtiene el efecto contrario al que se pretende)
De otra forma	Cambio o transformación diferente en el elemento analizado (actividades distintas respecto de la operación normal)
Mayor que / Además	Aumento cualitativo (se obtiene algo más que la función deseada)
Parte de	Disminución cualitativa (se realiza solamente una parte de la función deseada)

También se pueden utilizar las palabras guía estándar con otros significados adicionales o bien emplear palabras guía que expresen mejor determinadas situaciones donde el tiempo o el orden de desarrollo es un aspecto importante. Por ejemplo, para la variable TIEMPO las palabras guía MAS / MENOS significan mayor o menor duración, y se pueden introducir otras palabras guía como PRONTO, TARDE, ANTES, DESPUÉS. La decisión de incorporar nuevas palabras guía o de matizarlas es competencia del equipo de trabajo.

4.7 Determinación de las desviaciones

El coordinador del equipo de trabajo propondrá las desviaciones aplicando las palabras guía a las variables del proceso. Deberán ser compatibles con los nodos a estudiar y comprensibles para todos los componentes del equipo de trabajo.

En la Tabla 4 se proponen combinaciones posibles compatibles entre palabras guía y variables de proceso.

Tabla 4: Compatibilidad Palabras guía / variables proceso

	No	Más	Menos	Inverso	De otra forma	Mayor que / Además	Parte de
Nivel		x	x				
Caudal	x	x	x	x		x	
Presión		x	x				
Temperatura		x	x				
Composición					x	x	x
Fase					x	x	x
Servicios	x					x	x
Mantenimiento					x	x	x
Confinamiento	x						
Implantación						x	x
Suceso externo						x	
Factor humano						x	

4.8 Planteamiento de las Causas

Es fundamental la delimitación de las causas que originan las desviaciones en las variables del proceso, por lo que se debe asegurar su localización en las sesiones de trabajo.

Las causas se pueden agrupar en cuatro grupos:

- Fallos de componentes (equipos, instrumentación de control...)
- Fallos en las condiciones normales de operación (corte suministro eléctrico, fallo en procedimientos de paradas o puestas en marcha...)
- Fallos humanos y de organización (errores de manipulación y operación, errores de comunicación, confusión de sustancias peligrosas, ...)
- Agentes externos (proximidad a instalaciones peligrosas, fenómenos atmosféricos, incendios...)

4.9 Informe

Una vez estén definidas las causas se podrán determinar sus posibles consecuencias (daños a los trabajadores, pérdidas de producción, daños a la planta o a los equipos, impacto ambiental, etc.), las respuestas que se proponen, así como las acciones requeridas y recomendaciones para reducir los riesgos y/o disminuir las consecuencias que se hayan identificado durante las sesiones de trabajo.

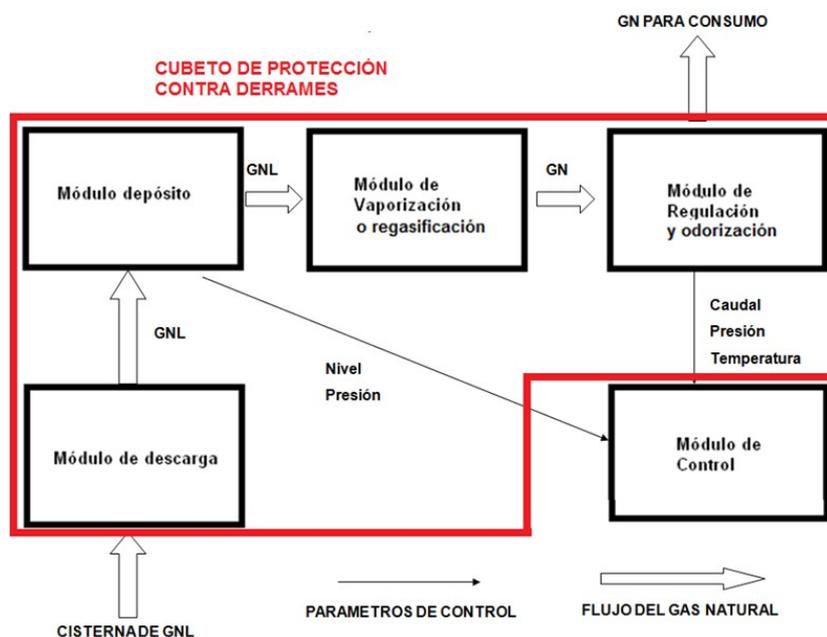
Los resultados y conclusiones se registrarán en un informe final, donde se incluirá la descripción del proceso estudiado y se recopilará toda la información generada según las etapas descritas anteriormente.

4.10 Ejemplo de aplicación

Una planta satélite de GNL se puede dividir en los bloques de la Figura 1:

- Cubeto de protección contra derrames.
- Módulo de descarga de cisternas.
- Módulo de almacenaje o depósito.
- Módulo de regasificación o vaporización.
- Módulo de regulación y odorización.
- Módulo de control.

Figura 1: Esquema por bloques de una planta satélite de GNL



Se selecciona como área de estudio el proceso de descarga de la cisterna de transporte a los depósitos, pues es el que teóricamente presenta mayores factores de riesgo, al concurrir en el mismo: presencia humana, presencia de un vehículo, presencia de gas fuera de los límites de un cubeto, maniobra de válvulas y puesta en presión con gas de una instalación desde temperatura ambiente.

La composición del equipo de trabajo será la propuesta en el punto 4.3 del presente artículo, y además se integrará al conductor del camión.

La función del módulo de descarga es realizar el trasvase de GNL de la cisterna al depósito, este trasvase se puede hacer mediante bombas criogénicas o por diferencia de presión, en el segundo caso deberán existir regasificadores de descarga.

Si es por diferencia de presión, el proceso de descarga de los camiones cisterna precisa regasificar una fracción del GNL transportado para, por presurización de la fase gas de la cisterna del camión, desplazar el GNL. Esta función se realizará en el regasificador de descarga.

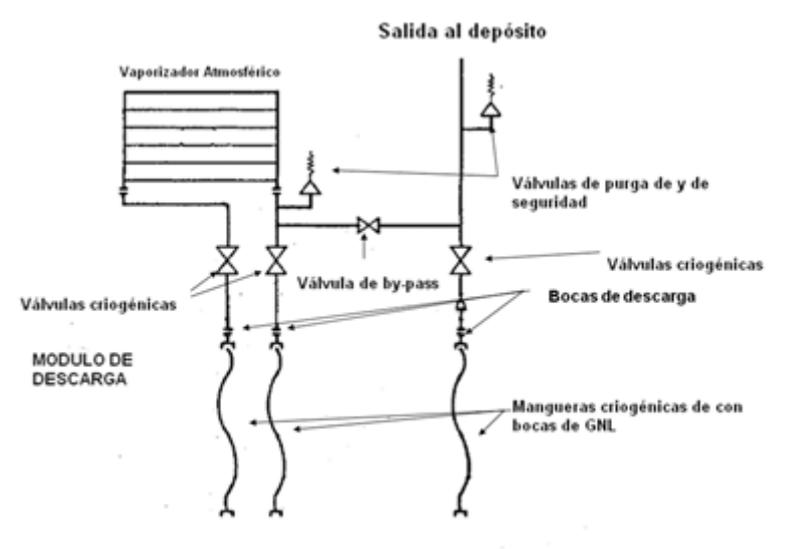
La instalación se compone de tres líneas:

- La línea de descarga propiamente dicha que conduce el GNL desde el camión cisterna hasta los depósitos de almacenamiento.
- La línea de salida de GNL del camión cisterna hacia el regasificador de puesta en presión rápida.
- La línea del GNL regasificado de retorno hacia el camión cisterna.

Los elementos (nodos) y el diagrama del módulo de descarga (Figura 2) son:

- Bocas de descarga.
- Regasificador de descarga (vaporizador atmosférico).
- Válvulas criogénicas.

Figura 2: Diagrama módulo de descarga



Para este ejemplo seleccionaremos el Nodo "Regasificador" y se continuará con la aplicación de la metodología HAZOP para llegar a los resultados reflejados en la Tabla 5.

Tabla 5: Resultados ejemplo aplicación método HAZOP a planta satélite GNL

P. guía		Desy	Causa	Consecuencia	Respuesta	Acción	Comentario
Proyecto: Módulo descarga de planta satélite GNL			Nodo: Regasificador			Revisión: 1 Fecha: 25/05/18	
NO	Confinamiento	<p>Conexión válvulas</p> <p>Purga o venteo no controlado</p> <p>Fractura elementos (uniones, juntas, etc.)</p>	<p>Fuga GN</p> <p>Derrame GNL</p> <p>Posterior incendio del charco producido por el derrame, en caso de derrame e ignición inmediata</p> <p>Posterior explosión de los vapores provenientes del charco, en caso de derrame e ignición diferida</p> <p>Accidente por quemaduras</p> <p>Lesiones por contacto directo con la parte fría</p> <p>Inhalación de gas frío</p> <p>Accidentes por proyecciones de gas licuado sobre la piel</p>	<p>El grupo de intervención utilizará prendas adecuadas de protección personal, guantes criogénicos y pantalla de protección facial</p> <p>El conductor del camión cisterna cerrará las válvulas de las mangueras de descarga desconectará la toma de tierra, quitará los calzos y evacuará el camión a una zona segura</p> <p>El operador de la planta cerrará las válvulas correspondientes al proceso de descarga hacia el depósito</p> <p>El grupo de intervención, en caso de resultar claramente posible, taponará la fuga o actuará sobre el incendio con equipos de extinción de polvo seco</p> <p>El jefe del grupo de intervención vigilará el tráfico y presencia de personas por los alrededores de la emergencia</p>	<p>Prescripciones técnicas y normas de diseño y construcción</p> <p>Documento de Protección contra explosiones</p> <p>Construir la instalación en un recinto bien ventilado</p> <p>Proteger o alejar componentes que pueden causar ignición</p> <p>Aplicar distancias de seguridad según normativa</p> <p>Plan de emergencia</p> <p>Disponer de medios adecuados para intervención urgente</p> <p>Personal con adecuada formación y preparación</p>	<p>Identificar condiciones de operación que puedan suponer una fuga y/o derrame de gas, por apertura de válvulas del circuito o por escapes a través de uniones o elementos con posibilidad de fractura</p>	

5. Conclusiones

La legislación y normativa aplicable al diseño, construcción y operación de plantas satélites de GNL tiene elevados estándares para garantizar que las plantas sean muy seguras.

La importancia de mantener unos niveles de seguridad aceptables en las plantas satélites de GNL hace imprescindible realizar una buena identificación y análisis de riesgos. Debido a la multitud de información acerca de herramientas y métodos que existen para ello se considera conveniente hacer una selección y proponer una metodología que unifique criterios.

Del presente documento se concluye la idoneidad de la elección de la técnica HAZOP como método a emplear para la identificación y análisis de riesgos en plantas satélites de GNL y se propone como base para un posterior desarrollo en profundidad de la metodología presentada con el objeto de conseguir instalaciones cada vez más seguras.

6. Bibliografía

- España. REAL DECRETO 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- España. ITC-ICG 04 Plantas satélite de gas natural licuado (GNL).
- España. UNE 60210 Plantas satélite de gas natural licuado (GNL).
- España. UNE-EN ISO 16903 Industrias del petróleo y del gas natural – Características del GNL que influyen en el diseño y en la selección de los materiales.
- España. UNE-EN 13645 - Instalaciones y equipamientos de gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres con capacidad de almacenamiento comprendida entre 5 t y 200 t.
- España. UNE 60670-3 - Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 3: Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones.
- España. UNE-EN 1473 - Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres.
- España. UNE-ISO 31000:2018 – Gestión del riesgo. Directrices.
- Especificaciones técnicas para las actividades de Técnico de Plantas Satélite de GNL. Sedigas, Asociación española del gas, 2009.
- Ficha técnica de Seguridad del gas natural sin odorizar, del gas natural odorizado, del gas natural licuado (GNL). Sedigas, Asociación española del gas.
- Ficha técnica del Tetrahidrotiofeno y del Nitrógeno. INSHT.
- Manual de actuaciones de seguridad en presencia de gases combustibles. Sedigas, Asociación española del gas, 2009.
- NFPA 59 A Norma para la producción, almacenamiento y manejo del gas natural licuado (GNL).
- Nota Técnica de Prevención. NTP 1058: Sector gasista: riesgos laborales en instalaciones de almacenamiento, transporte y distribución de gas. INSHT 2015.
- Nota Técnica de Prevención. NTP 383: Riesgo en la utilización de gases licuados a baja temperatura. INSHT 1995.
- Nota Técnica de Prevención. NTP 430: Gases licuados: evaporación de fugas y derrames. INSHT 1996.
- Nota Técnica de Prevención. NTP 238: Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso. INSHT 1998.