

**APROXIMACION AL ESTUDIO DEL RIESGO
DEL BLEVE Y SUS EFECTOS EN LOS
GENERADORES MARINOS DE VAPOR Y LOS
TANQUES DE CARGA DE LOS BUQUES LNG-
LPG. APLICACION COMPARATIVA DE LAS
NORMAS QUE LO REGULAN Y PREVIENEN.**

Autor: German de Melo Rodriguez
Director: Emilio Eguia López

Barcelona, mayo de 1994

1.- Introducción.

1.1.- Antecedentes.

El acrónimo BLEVE fue por primera vez utilizado en el año 1957, como resultado de la investigación de las causas que dieron origen a una explosión de un recipiente de acero utilizado para la producción de una resina fenólica a partir de formaldehído, agua y fenol.

La investigación, fue llevada a cabo por los ingenieros americanos J.B. Smith, N.S. Marsh y W.L. Walls, (1957), y los resultados condujeron a un tipo de explosión especial todavía no catalogada y cuyo entendimiento podría explicar, gran cantidad de accidentes habidos y por tanto poder tomar las medidas necesarias y oportunas para que este fenómeno no se produzca. Además el modelo físico utilizado para el estudio de dichas explosiones debe ser aplicable a cualquier líquido sobrecalentado no siendo necesario ninguna reacción química ni riesgos de combustión, ya que este fenómeno también se puede producir en las calderas de vapor de agua.

BLEVE son las iniciales de la siguiente expresión inglesa **"Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion"** que traducido libremente significa **"Explosión de los vapores que se expanden al hervir un líquido"**.

La BLEVE es comúnmente definida como la ruptura en varios pedazos de un recipiente, con proyección a grandes distancias, superiores a las que las desplazarían la simple energía de un estallido, que se da en determinadas circunstancias, siendo necesario, pero no suficiente, que el líquido contenido en el recipiente, posea una temperatura superior a la que le correspondería tener si estuviera a la presión atmosférica normal. Por tanto, la temperatura de ebullición debe ser bastante menor que la temperatura a la que se encuentre la masa líquida en el recipiente, es decir, lo que se llama o denomina líquido sobrecalentado.

El fenómeno BLEVE es una manifestación exclusiva de los líquidos sobrecalentados, no debiéndose confundir con las explosiones que se producen en los recipientes que solamente contienen gas, pues las energías desarrolladas por la explosión de este último, no son en absoluto comparables a las elevadas del fenómeno BLEVE.

En el caso de que el fenómeno BLEVE se manifieste en un recipiente que contiene líquido que es químicamente reactivo o combustible, agrava el problema de la BLEVE propiamente dicho, ya que anteriormente se ha indicado que un BLEVE se puede producir en una caldera de vapor de agua.

Las condiciones necesarias que se han de dar simultáneamente,

para que se verifique el fenómeno BLEVE, son las siguientes:

- 1.- Se ha de tratar de un líquido.
- 2.- Que el líquido contenido en el interior del recipiente esté sobrecalentado.
- 3.- Que la presión del interior del recipiente disminuya bruscamente. Esta disminución de la presión puede ser producida a través de un disco de ruptura o bien por el agrietado del recipiente.
- 4.- Que se produzca en el líquido sobrecalentado, como consecuencia de la bajada brusca de presión una "nucleación espontánea" (REID 1979), con lo que se originaría una evaporación rapidísima tipo "Flash".

1.2.- Objetivo general.

El transporte de gases licuados (LNG-LPG) por mar se inicia exactamente en 1934, cuando un buque de carga general es transformado -se introducen en las bodegas recipientes a presión para contener al gas licuado - y convertido en un butanero.

El transporte de gas butano y más tarde el de propano crece de manera gradual, hasta la década de los años cincuenta, en la que la introducción de los sistemas de refrigeración en éste tipo de buques, provoca los primeros grandes cambios en éste tipo de transporte permitiendo un diseño más sencillo, mayores dimensiones y por tanto un menor coste del transporte. Todos los éxitos anteriores, se vieron incrementados con el inicio de un método de licuefacción del gas natural (LNG) en 1959.

Un gran desarrollo tecnológico se produce en el transporte de LNG, dentro del cual en el período de diez años, se diseñaron más de 25 tipos diferentes de buques LNG, con tamaños que iban desde los 25.000 m³ hasta los 400.000 m³ .

El transporte de gases licuados por vía marítima, requiere la utilización de técnicas especiales de ingeniería, así como, medidas de seguridad, que disminuyan el riesgo creado por la naturaleza del producto a transportar.

Dependiendo del sistema de almacenamiento utilizado para el transporte de gas licuado, y que va desde el totalmente presurizado a una presión máxima de 18 Kg/cm², y temperatura ambiente, hasta los totalmente refrigerados, a una presión de 1,25 Kg/cm², y una temperatura de -161 °C, pasando por las presiones y temperaturas intermedias de los semirrefrigerados, hay una gama de presiones y temperaturas para los distintos productos a transportar, que hace que los sistemas de almacenamiento sean variados, dependiendo de la naturaleza de la carga, y a la vez más o menos seguros.

Considerando los problemas asociados con el almacenamiento de gases licuados a bordo de los buques, se reconoce que en términos generales, el buque es todo un sistema de almacenamiento, en el que el casco exterior del mismo, actúa de envolvente protectora para un transporte seguro. A éste respecto, el sistema de almacenamiento contiene a la carga, y da protección criogénica al casco del buque.

En la década de los sesenta, se diseña el Código Internacional para el diseño y operación de los buques que transportan gas licuado, el cual es denominado Código IMO (1975), el cual es asumido por todas las Sociedades de Clasificación de buques, y Estados ribereños.

La transformación de la navegación a vela por la navegación

a vapor en el siglo pasado, introduce en el buque un elemento productor del agente evolutivo (vapor de agua) utilizado por la máquina propulsora, que se denomina caldera.

Las calderas han sufrido una gran transformación desde su instalación por vez primera en los buques, que eran del tipo "escocesas" con una gran masa de agua en su interior, y con una mediana superficie de calefacción que les daba poca producción de vapor, a las actuales de tubos de agua con gran superficie de calefacción y limitada masa de agua, y con una gran producción de vapor.

La utilización cada vez de mayores potencias, y mejores rendimientos, ha conducido al desarrollo de las calderas utilizando mayores presiones (120 Kg/cm^2), y por tanto temperaturas, tanto en las calderas de tubos de fuego como en las de tubos de agua, lo que, a su vez provoca que los materiales utilizados, sean de mejor calidad, haciéndose necesarias también, unas mayores y mejores medidas de seguridad.

Las calderas marinas se construyen de acuerdo con las normas del gobierno al que el buque pertenece, más las correspondientes a las de las Sociedades de Clasificación.

Tanto las calderas marinas como los buques que transportan gases licuados, son diseñados y construidos bajo las normas antes

mencionadas, con el objeto de que tanto la producción de vapor, como el transporte de gases licuados, se realice bajo las mayores y mejores medidas de seguridad.

El objetivo general de la tesis es aproximarnos al posible riesgo que tienen tanto los generadores de vapor como los buques de gases licuados, de que en su interior se produzca el llamado fenómeno BLEVE, bajo las condiciones de trabajo, y en las más desfavorable para ellos, como puede ser la acción directa del fuego de un incendio, y en que medida las normas bajo las que estos han sido diseñados y construidas, así como, los elementos de seguridad de que están dotados, previenen y evitan la producción del BLEVE.

Las altas presiones y temperaturas utilizadas para la producción de vapor, como las bajas temperaturas y presiones relativamente altas utilizadas en el transporte de gases licuados, hace que estos fluidos estén siempre sobrecalentados con respecto a su presión de vapor, y que en el caso de una disminución brusca o instantánea de la presión en estos recipientes puede provocar una BLEVE.

Teniendo en cuenta que el fenómeno BLEVE, desarrolla una gran energía en el momento de producirse, y que ésta es aún mayor si se produce con un líquido, que además es combustible, también se realiza un análisis de los efectos que un accidente de éste

tipo en un buque de gas licuado que se encuentra atracado en un puerto petrolero, sobre las personas y los bienes que le rodean.

El fenómeno BLEVE, se ha producido en instalaciones terrestres de almacenamiento de gases licuados, en transporte terrestre por carretera y por ferrocarril, y hasta en calentadores de agua caliente.

Hasta el día de la fecha, en las distintas bases de datos consultadas sobre accidentes del tipo BLEVE, no se han contabilizado ninguno, ni en buques que transportan gases licuados, ni en calderas marinas, aunque se incluyen en los párrafos 2.8.2.1 y 2, dos casos de calderas marinas que aunque no cumplen todos los requisitos, pueden considerarse como BLEVE.