

BLEVE

*Boiling Liquid Expanding
Vapour Explosion*

Prevención y Respuesta



Centro de Información Química para Emergencias
Buenos Aires, ARGENTINA
www.ciquime.org.ar

BLEVE

Prevención y Respuesta

Contenido

Introducción	1
Gases líquidos presurizados	2
BLEVE	5
Ideas de Seguridad	8
Peligros del BLEVE	12
Tácticas de respuesta	14
Problema de ejemplo	21
Bibliografía	22
Contactos	22

Introducción

Este documento se adjunta a un video del mismo título, y proveerá al lector de información técnica adicional para apoyar el contenido del video. Es recomendable que el video sea visto primero, luego este documento debería ser leído y discutido.

Este video y el documento técnico han sido preparados para respondedores de emergencias quienes pueden ser llamados a una escena en la cual un tanque conteniendo gas líquido presurizado haya sido **severamente dañado** por un impacto o por exposición al fuego. En este caso, una explosión severa es posible y los riesgos pueden ser altos.

Este documento no sugiere que todos los tanques que se incendian o tienen otros accidentes harán una BLEVE. Los tanques diseñados para transportar gases líquidos presurizados son muy fuertes y seguros. En recientes experimentos conducidos para estudiar la BLEVE, fue muy difícil hacer que los tanques hagan BLEVE, aun a través de fuertes antorchas de fuego que fueron aplicadas al espacio de vapor de los tanques. Sin embargo, si el fuego es lo suficientemente fuerte y duradero, o si el tanque ha sido debilitado por un impacto o por corrosión, entonces puede suceder la BLEVE. El objetivo de este video es proveer algunas guías para cuando los peligros de una BLEVE tomen lugar. Las sugerencias son dadas teniendo en cuenta tácticas para que los respondedores no estén expuestos a daños innecesarios.

Este documento tiene el formato de preguntas y respuestas y es organizado en el siguiente orden:

- 1. información general acerca de los gases líquidos presurizados*
- 2. qué, por qué y cómo de la BLEVE*
- 3. descripción resumida de los consejos comunes de seguridad*
- 4. peligros de la BLEVE*
- 5. tácticas de respuesta*
- 6. problemas de ejemplo*

Gases Líquidos Presurizados

Qué es un gas líquido presurizado?

Un Gas líquido presurizado (PLG) es una sustancia que es transportada y guardada como un líquido bajo presión. En otras palabras, la sustancia ha sido liquidificada mediante el incremento de la presión. Algunos gases son liquidificados por enfriamiento, como el gas natural líquido (LNG).

Ejemplos comunes de PLG:

Amoniaco anhídrido
Propano
Butano
Cloro

LPG (gas de petróleo líquido)
isobutano
cloro vinílico
propileno

Este documento y el video se concentrarán en propano o LPG porque son los gases líquidos presurizados inflamables más comunes.

Cuáles son las propiedades de el PLG?

Las propiedades físicas y químicas de los PLG varían ampliamente y no pueden ser dadas aquí en detalle. El lector deberá buscar otras referencias para encontrar más acerca de las propiedades específicas de l PLG (por ejemplo, el libro de gases comprimidos, de la Asociación de Gases Comprimidos Inc. Arlington Virginia, ISBN 0-442-21881) Algunas propiedades importantes a observar son:

- presión vs temperatura
- ratio de expansión
- límites de inflamabilidad
- toxicidad
- gravedad específica del gas en atmósfera 1
- punto de ebullición

Permítanos considerar al propano como un ejemplo de PLG comúnmente utilizado.

La figura 1 muestra como la presión requerida para mantener al propano como líquido se incrementa con la temperatura del propano. A -42 grados C, el propano puede ser mantenido como líquido en un contenedor abierto. A 25 C la presión necesaria para mantenerlo como líquido es 0.95 Mpa (138 psia).

Si un litro de propano líquido a 25 grados C es liberado, se expandirá a 270 l de vapor de propano. Esto es llamado el ratio de expansión y es un factor importante a recordar si un líquido propano es accidentalmente liberado.

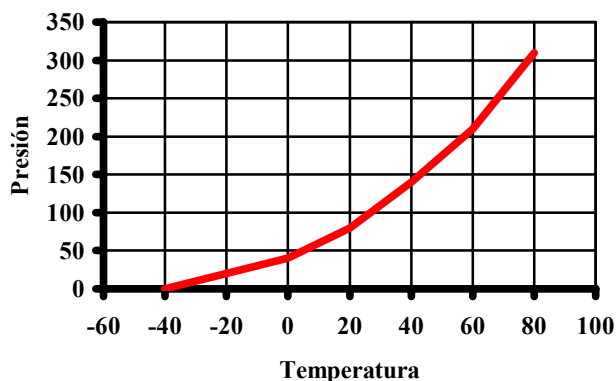


Figura 1: Presión vs. temperatura para el propano

El rango de inflamabilidad del propano en aire es 2.2-9.5% por volumen.

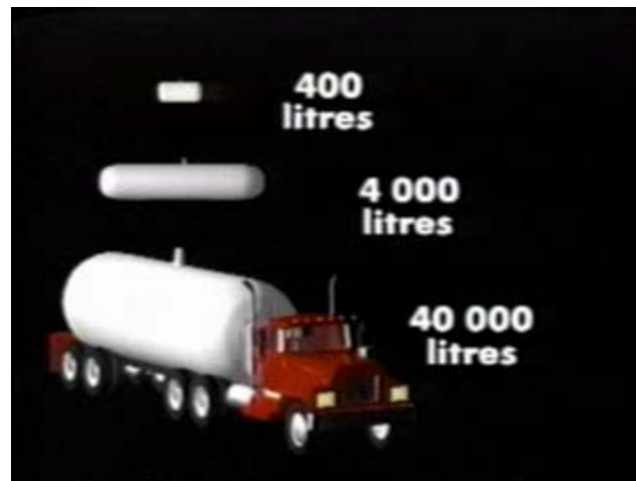
El propano no es tóxico, pero tiene un efecto anestésico cuando es inhalado en altas concentraciones. El propano también actúa como un asfixiante.

La gravedad específica del propano a 21 grados C es 1.52 (aire es 1.0) esto significa que el vapor de propano es 1.52 veces tan pesado como el aire y por esto tenderá a hundirse y encontrar áreas bajas.

El propano tiene un punto de ebullición atmosférico de -42 grados C. Si la piel entra en contacto con el líquido frío, rápidamente resultará congelada. La baja temperatura de ebullición también nos sugiere que si el propano liquidificado por presión es liberado de repente, hervirá violentamente por la gran diferencia entre el punto de ebullición y la temperatura del ambiente concomitante.

¿Cómo son lo PLG transportados y almacenados?

Los PLG son almacenados y transportados en recipientes de varios tamaños y formas (ver figura 2). Estos recipientes son construidos con estándares estrictos como el ASME Pressure Vessel Code (código ASME de Recipientes de Presión). En condiciones normales de operación estos tanques son muy fuertes y seguros. Sin embargo, bajo condiciones de exposición severa al fuego, estos recipientes pueden fallar violentamente.



Los tanques de PLG no son llenados completamente con líquido, así que queda un espacio para que éste se expanda si hay un incremento en la temperatura. El espacio que queda sin líquido forma un espacio para el vapor en la superficie del tanque como muestra la **figura 3**.



¿Cómo puede decirse que un tanque es un tanque de presión?

Los tanques de presión o cilindros pueden ser comúnmente reconocidos por la forma cilíndrica con terminaciones redondas o elípticas. Los tanques que contienen gases líquidos presurizados tienden a tener proporciones chicas (Ej. El largo del tanque es generalmente menor de seis veces el diámetro) esto contrasta con los grandes cilindros de gas presurizado que son usualmente largos y delgados.

Los tanques de presión normalmente no tienen terminaciones llanas. Sin embargo, algunos cilindros hechos para estar parados verticalmente tienen un anillo en el pie que les permite quedarse parados, este anillo puede hacer que el tanque se vea como si tuviera la base llana.

Cuando esté en duda, asuma que es un tanque presurizado hasta que esté seguro.

¿Cómo puede decirse cuál es la capacidad del tanque?

Los tanques vienen en varios tamaños y formas y puede resultar difícil saber cual es la capacidad sin leerlo realmente del mismo tanque (todos los tanques están marcados con este tipo de información). Usted necesita saber la capacidad para poder estimar el tamaño de la zona de peligro.

La figura 4 muestra una síntesis de las capacidades aproximadas de tanques basada en el diámetro del tanque y su largo por ratio de diámetro. Para usar esta figura, usted debe estimar las dimensiones del tanque. Primero, estime el diámetro comparándolo con objetos cercanos y luego estime el largo comparándolo con el diámetro del tanque. Por ejemplo, si un tanque tiene un diámetro de 1 m y su largo es 6 veces el diámetro, entonces en la figura 4 verá que la capacidad aproximada es de 5000 litros (aproximadamente 1250 Usgal).

Figura 4: **dimensiones y capacidades aproximadas de tanques (basadas en el código de tanques ASME)**

Usted deberá aprender a reconocer las medidas estándar de cilindros para propano. Las mas comunes son 1, 4, 11, 20, 30, 40, 60, 100, 200, 300, y 420 lb. Las medidas mayores que éstas pueden ser estimadas desde la figura 4.

¿Qué sucede si el tanque es pinchado?

Si el recipiente es pinchado en el espacio de vapor, éste se liberará y el líquido hervirá para reponer el vapor perdido. Dependiendo de las propiedades del gas liquidificado y el tamaño del agujero en el espacio de vapor, la ebullición puede ser lenta o puede ser explosiva. Si un agujero pequeño aparece en la zona de vapor, éste se escapará lentamente y la ebullición será gradual. Si el tanque se rompiera completamente de repente, la pérdida será explosiva – es decir una BLEVE.

Si el tanque es pinchado en el espacio del líquido, éste se filtrará y hervirá rápidamente fuera del tanque. Una vez más, la violencia del proceso dependerá de el tamaño del agujero y de las propiedades de la sustancia liberada.

¿Puede el tanque vaciarse si hay una rotura o agujero?

Si, pero puede llevar un momento, dependiendo de si hay fuego, cuán grande es el agujero, dónde está, el tamaño del tanque y su nivel de llenado. Como lo mencionamos antes, si el agujero se forma en el espacio de líquido, el tanque puede vaciarse rápidamente. Si el agujero es en la zona de vapor, entonces el líquido debe hervir completamente para salir del tanque como vapor.

El líquido necesita energía de calor para convertirse de líquido a vapor. (Ej. Ebullición) si un fuego se presenta, la energía de calor vendrá del fuego y en este caso, el tanque dañado puede vaciarse bastante rápidamente.

Si no hay fuego o si éste fue extinguido, entonces la energía calórica para la ebullición debe venir del líquido en sí mismo y, en este caso, la ebullición enfriará al líquido. Cuando se refresca, su presión de vapor decrecerá hasta que eventualmente el líquido encuentre su temperatura atmosférica de ebullición (esto es auto refrigeración). A esta temperatura la ebullición casi parará. Esto significa que si un tanque es dañado y no hay fuego, entonces el tanque no hervirá hasta vaciarse inmediatamente. Usted verá que si un tanque tiene un agujero en la zona de vapor – la base del tanque puede congelarse, indicándole que éste está parcialmente lleno de líquido muy frío. Este líquido ahora hervirá muy lentamente mientras recibe el calor del aire que lo rodea dentro del tanque y el líquido. La presión en el tanque ahora se irá pero aun queda un peligro. Si algo o alguien causa que el líquido se desparrame en el suelo, entonces podría resultar una situación muy peligrosa. El líquido frío desparramado en el suelo entrará en contacto con el calor de la tierra y hervirá rápidamente causando una nube de vapor.

Para el propano comenzando a 20 grados C, más del 60% del líquido original puede permanecer en el tanque después de un daño en el espacio de vapor.

BLEVE

¿Qué es exactamente una BLEVE y cuáles son los peligros?

Puede aparecer un líquido en ebullición expandiendo explosiones de vapor o BLEVE cuando un contenedor de gas líquido presurizado falla catastróficamente. Estas fallas catastróficas de los recipientes son seguidas de liberaciones explosivas del líquido en ebullición y esparcimientos de vapor.

La BLEVE es una explosión física donde los peligros son ráfagas (ondas expansivas) y proyectiles. Debe notarse que una mercancía no tiene que ser inflamable para sufrir una BLEVE. Si la mercancía es inflamable, entonces puede haber una bola de fuego después de que ocurra la BLEVE si la nube liberada es inmediatamente apagada. Este es el caso si el tanque es dañado por un choque de fuego. Si una nube de fuego no es apagada inmediatamente, se pueden iniciar nuevos focos de fuego, explosiones, etc.. Si la nube es tóxica, también se puede convertir en una posible amenaza.

¿qué puede hacer que un tanque falle catastróficamente?

Los contenedores con gases líquidos presurizados son recipientes de presión. La presión interna pone a las paredes del contenedor bajo esfuerzo. Si el contenedor es debilitado, la presión interna puede exceder la fuerza del tanque resultando en una falla. Los tanques pueden ser debilitados por:

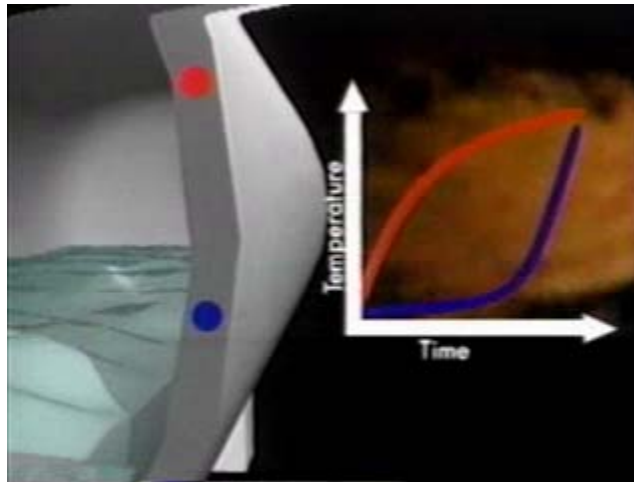
- Corrosión severa
- Danos mecánicos severos por impactos, raspaduras, etc.
- Muy altas temperaturas como por fuego.

¿Cómo puede el fuego causar BLEVEs?

El calor del entorno o un fuego incipiente causa incremento de temperatura en las paredes del tanque expuesto. Como se muestra en la figura 5, el mayor incremento de temperatura es visto en las paredes en contacto con vapor del tanque. Esto es en la parte superior del tanque, ya que la gravedad hace que el líquido se quede en el fondo del mismo.

Cuanto mas se incrementa la temperatura de las paredes a niveles altos, la fortaleza de las paredes de hierro decae. Y como este decaimiento en la fuerza (debido mayoritariamente a la presión en el tanque) resulta en su estiramiento y adelgazamiento, lleva a un mayor esfuerzo y estiramiento. Eventualmente, la pared puede volverse tan delgada en el área afectada, que una grieta o rasgadura aparece.. Ésta grieta puede parar de crecer, y en este caso el problema es un chorro de pérdida. Si la rasgadura continúa creciendo, el tanque fallará catastróficamente y sucederá una BLEVE.

Figura 5: presión vs. temperatura para el propano



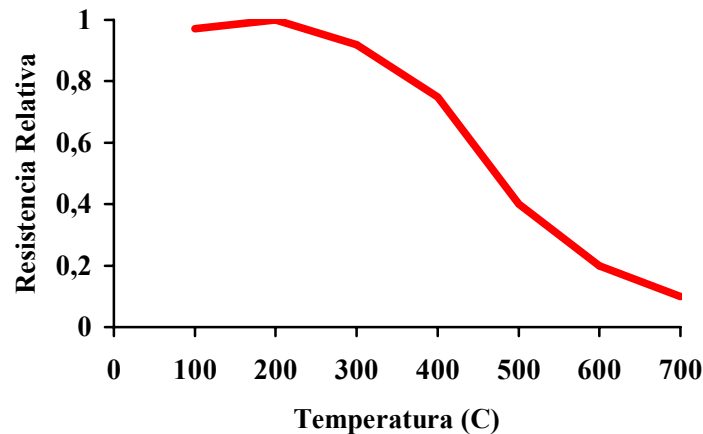
Otro posible mecanismo para fallas en tanques es cuando la mitad superior del tanque es recalentada a altas temperaturas por exposición al fuego. Esto causa que esa área se expanda. Sin embargo, la mitad inferior está fría, ya que el líquido la enfría. Así no se expande y resiste la expansión de la parte superior. Esto añade a la tensión en el tanque causada por la presión interna. Esta diferencia de expansión también hace que el tanque se incline o curve (Ej. La parte superior es mas larga que la inferior) y esto se suma a la presión en las paredes del tanque. Eventualmente estas condiciones agravadas pueden iniciar una falla que se propaga a lo largo de todo el tanque.

En cada caso, el daño mecánico de los tanques por impactos accidentales puede causar debilitamientos adicionales y como resultado, será necesario menor calentamiento por fuego para provocar daños. Otro daño mecánico como lo es la corrosión puede también debilitar un tanque, haciéndolo mas susceptible a fuego induciendo la falla.

¿A qué temperatura se debilita el acero?

Los aceros normales comienzan a debilitarse significativamente arriba de los 300 grados C. Si la exposición al fuego es severa, solo lleva unos minutos alcanzar esas temperaturas en el espacio de vapor del tanque. La figura 6 muestra como la fortaleza del acero decae con el incremento de la temperatura.

Figura 6: fortaleza del acero carbónico vs. temperatura



Si el fuego solo tiene contacto con la parte inferior, ¿nos podemos “relajar”?

Ya dijimos que la exposición de fuego en la parte superior del nivel de líquido puede causar rápidamente que la temperatura se incremente y el tanque falle. Sin embargo, eso no significa que la exposición del fuego en la parte inferior, del líquido, sea una condición segura. Esto puede significar que tienes mas tiempo para actuar, pero teniendo cuidado de:

- puede no saber cuál es el nivel del líquido
- cuando el PRV se abre, el nivel de líquido decaerá y eventualmente incluso el contacto en la parte inferior puede volverse peligrosa.
- El tanque puede estar dañado (corrosión, impacto mecánico, etc.)

¿Hay algún momento de alto riesgo para un tanque cuando esta en condiciones de la BLEVE?

Si, pero uno no tiene suficiente información para analizar en un accidente. Los tiempos y la severidad de una BLEVE dependen de muchos factores, incluyendo:

- Mercancía
- Nivel de llenado
- Tipo de contacto con el fuego (antorcha o hundimiento), localización (espacio de vapor o de líquido) y cobertura de la exposición al fuego
- PRV establecido y capacidad de flujo

Hay un tiempo óptimo para una BLEVE muy poderosa, es si los tanques fallan cuando el líquido está caliente y está casi lleno de líquido. Sin embargo, aun cuando no estén llenos o estén casi vacíos , si falla, la explosión puede ser devastadora.

Los tanques pueden hacer una BLEVE en solo minutos si el fuego es lo suficientemente severo. En estos casos los pequeños tanques pueden fallar en menos de cinco minutos. Los mas grandes llevaran mas tiempo pero bajo las peores condiciones posibles , pueden fallar en menos de 10 minutos. Sin embargo, pueden hacer BLEVE mucho mas tarde que eso si el contacto con el fuego comienza bajo el nivel de líquido y la acción de PRV baja los niveles de líquido lentamente.

Mientras el líquido es sacado del tanque, la severidad de la BLEVE va decayendo, pero incluso una intensidad reducida de ésta tiene un gran peligro. Cuando el tanque está vacío de líquido el peligro

de BLEVE ya no existe, pero aun puede haber una explosión por gas comprimido (CGE) la cual también es muy peligrosa (Ej. Ráfagas, proyectiles, bolas de fuego, etc.).

El problema es que uno raramente conoce cuándo fue el momento de inicio del fuego, ni cuánto líquido hay en el tanque,. Los daños mecánicos reducen el tiempo de falla, esa es otra importante incertidumbre.

En otras palabras, no intente adivinar cuando sucederá la BLEVE. Si un tanque está expuesto a fuego severo, asuma lo peor y mantenga distancia.

¿Cuáles son los tanques con mas factibilidad de producir la BLEVE, los pequeños o los grandes?

Los tanques pequeños se vacían mas rápido a través del PRV (Ej. Las paredes están mas rápidamente expuestas al vapor; poco efecto de enfriado, etc.). los pequeños tanques tiene paredes mas delgadas y eso puede hacer que se caliente mas rápidamente y fallen antes que los grandes con paredes mas gruesas (con focos fuertes de fuego chocando tanques con paredes de 3 mm. de espesor, éstos pueden fallar en menos de 2 minutos, tanques con paredes de 6 mm. pueden fallar en unos 4 – 5 minutos, y los mas grandes, con paredes de 12-18 mm. pueden llevar entre 8-10 minutos -o menos- en fallar).

Obviamente, los tanques mas grandes hacen explosiones mas poderosas, bolas de fuego mas grandes y los fragmentos pueden llegar mas lejos, sin embargo, no se confíen de los mas pequeños, también son muy peligrosos porque pueden lanzar verdaderos cohetes.

¿Es necesario que haya un fuego para que ocurra una BLEVE?

NO. Se han reportado BLEVEs en las que no hubo fuego involucrado. Esas son usualmente debido a algún problema estructural con el tanque (Ej. Corrosión, fatiga, daños por impactos, etc.)

Todo lo que lleve a una falla catastrófica inesperada, (Ej. Tanques que se rompen y abren completamente) resultarán en una BLEVE.

Sin fuego presente, la nube resultante se desplazará con el viento hacia terrenos bajos (alcantarillas, zanjas). Para grandes escapes de concentraciones tóxicas o mezclas inflamables, debe considerarse la distancia desde la fuente.

¿Cuándo finaliza el peligro de una BLEVE?

En casos de tanques severamente dañados, el peligro de una BLEVE se irá solo cuando la presión del tanque se haya terminado.

Sólo puede estar seguro de que ésta presión se ha ido, si hay un lector de presión confiable en el tanque o si hay un agujero en el tanque y nada está saliendo de él. Incluso si la presión se ha ido, puede haber sin vapor y líquidos en el tanque (si hay líquido y no hay presión, el líquido se ha refrigerado a si mismo, por ejemplo el propano a –42 grados C tiene una presión de 1 atmósfera)

Si el fuego se ha extinguido, quédese lejos del tanque. Llame a expertos para evaluar las condiciones del tanque. Es muy peligroso acercarse a un tanque luego de que éste ha sido debilitado por exposición al fuego.

Dispositivos de Seguridad

¿Cuáles serían ejemplos de consejos de seguridad?

Los siguientes son ejemplos de consejos de seguridad que pueden ser encontrados en tanques para protegerlos de un choque accidental con fuego:

- Válvulas de escape de presión
- Barreras térmicas (Ej. Aislamiento térmico)
- Sistemas de spray de agua

Todos los tanques de presión en Norte América tienen válvulas de escape de presión (PRV) que se abren si la presión en el tanque excede los niveles predeterminados. Las PRV están diseñadas para cerrarse nuevamente cuando la presión en el tanque se reduce significativamente bajo el nivel de apertura del sistema. Este es un punto muy importante a recordar: los PRV no reducen la presión en el tanque hasta cero. Para los tanques de propano las PRV están normalmente ajustadas a presiones entre 1.7 y 2.6 Mpa (250 – 380 psi).

La mayoría de los tanques no están equipados con barreras térmicas o spray de agua. Algunos tanques de transporte tales como los tanques de trenes sí tienen barreras térmicas. Algunos grandes tanques fijos tienen barreras térmicas o sistemas de spray de agua. Ambos sistemas actúan limitando el calentamiento por fuego en los tanques y eso facilita el tener la situación bajo control.

Las barreras térmicas y el sistema de spray de agua no son perfectos y aún con ellos los tanques pueden hacer una BLEVE si por alguna razón estos sistemas resultaran dañados. Sin embargo, son menos probables de hacer una BLEVE si están equipados con estos sistemas.

¿Si las válvulas PRV están trabajando, la situación está bajo control?

Una válvula de escape de presión o PRV por sí misma no puede detener una BLEVE. Éstas solo están diseñadas para mantener la presión en el tanque bajo la presión determinada, los tanques pueden fallar aún cuando las válvulas funcionen bien.

Pruebas recientes de fuego en tanques han demostrado que no se puede confiar siempre en que una PRV se habrá en la presión determinada, (los resultados mostraron que la presión determinada debe ser por encima del límite normal)

Tengan en cuenta que las PRV no hacen nada por mantener la fortaleza del tanque, si éste se debilita debido a las altas temperaturas de las paredes, ni con un correcto funcionamiento de las válvulas será suficiente para salvar el tanque. Si la PRV se abre, tómelo como una advertencia de que algo sucede. En casos muy raros la PRV no se abre, y es debido a una disfunción.

¿ Es mas probable que un tanque haga una BLEVE cuando la PRV está cerrada o abierta?

Los tanques pueden hacer una BLEVE con las PRV abiertas o cerradas si el tanque ha sido severamente debilitado por daños mecánicos o por exposición al fuego. Una PRV abierta o en ciclo debe ser tomada como una advertencia de que algo se esta recalentado en el tanque y entonces la situación es seria.

¿La operación de la válvula de escape nos dice algo?

Como lo dijimos anteriormente, la operación de las PRV debe ser tomado como una advertencia. Cuando se abre por primera vez, usualmente realiza el ciclo unas pocas veces (abre, cierra, abre, cierra) y luego debe permanecer abierta continuamente. Este comportamiento de la válvula depende de la severidad y la localización del contacto con el fuego. Si la válvula hace el ciclo abierto y cerrado por un periodo extendido, esto nos sugiere que no hay suficiente calor viniendo del fuego como para mantener la presión para mantener el PRV abierto, esto podría significar que el choque del fuego es menor o que se esta filtrando en la cámara de vapor, lo cual seria muy malo.

Una PRV abierta continuamente nos sugiere una situación muy mala, que quede claro. La larga duración de la apertura nos dice que el tanque se está vaciando y más, que las paredes de éste no se están refrigerando por su líquido interno, si el fuego esta entrando en el espacio de vapor, la BLEVE sería inminente.

Buscar por signos, como un incremento en el ruido de la PRV, o un crecimiento de la llama de la válvula, podría sugerirnos que la presión está aumentando y esto podría ser muy malo. Pero cuidado, porque estos efectos son muy difíciles de notar en un accidente. No espere a obtener alguna advertencia clara de que algo esta sucediendo.

La tabla 1 da un resumen de signos a buscar:

Condición de Fuego	Condición PRV	Comentarios
Sin fuego	PRV Cerrado	<ul style="list-style-type: none"> • Ha sido el tanque debilitado por un impacto?
Sin Fuego	PRV Abierto	<ul style="list-style-type: none"> • Es debido al calentamiento por el sol? • La PRV está dañada? • Puede estar abierta en forma permanente?
Fuego	PRV sin acción	<ul style="list-style-type: none"> • El fuego debe abrir la PRV en cuestión de minutos
Fuego	PRV en recirculación	<ul style="list-style-type: none"> • Estado normal de PRV • Puede haber contacto del fuego con la fase gaseosa • Nivel de líquido disminuyendo
Fuego	PRV abierto en forma continua	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento severo del tanque • Nivel de líquido disminuyendo • El tanque se está debilitando
Fuego extinguido	PRV cerrándose	<ul style="list-style-type: none"> • El tanque puede estar debilitado • El tanque puede tener presión y ser peligroso al aproximarse

¿Es de importancia si el tanque esta caído sobre uno de sus lados?

Si, esto significa que el líquido estará saliendo de la PRV cuando esta se sabrá. si el fuego es severo y la PRV esta arrojando líquido, la presión puede estar aun acrecentándose en el tanque aunque la válvula esté abierta. El tanque, así, puede estar vaciándose muy rápido, entonces expone mas pared al calor severo, debilitándolo.

Cuando el líquido esta saliendo por la válvula, los tóxicos y el peligro de fuego son mayores que si el vapor estuviese saliendo (recuerde que el líquido se expande como vapor incrementando su volumen, esto es el ratio de expansión).

Cuando el líquido cae por debajo de la localización de la válvula, ésta comienza a ventilar vapor nuevamente.

Si la válvula de escape se cierra y permanece cerrada, ¿significa eso que el tanque está vacío?

No. Probablemente hay presión en el tanque y si la pared fue recalentada por el fuego, podría aun arder y producir una explosión (el gas comprimido explota si no hay mas líquido) también hay una pequeña chance de que la válvula pueda estar atorada.

Si el fuego se ha extinguido y la PRV está cerrada, quédese atrás y deje que el tanque se enfríe. Llame a expertos para verificar las condiciones del tanque y su contenido.

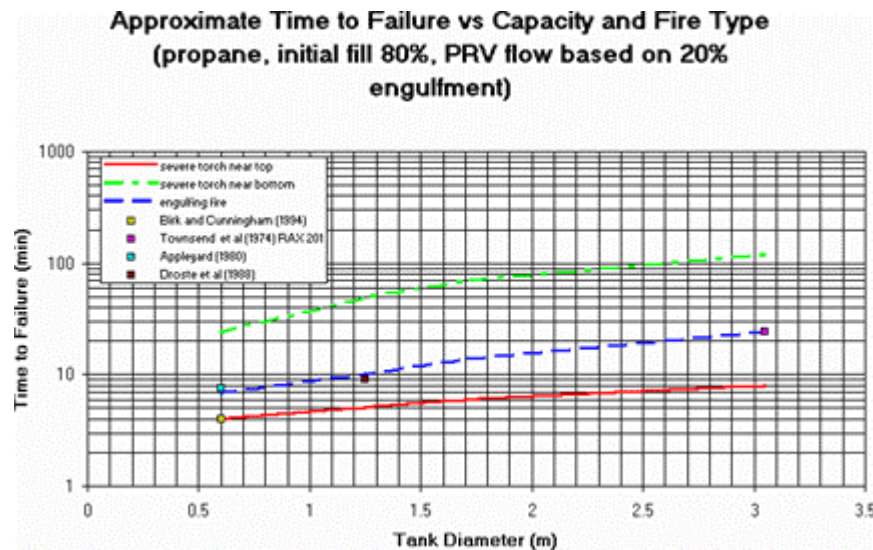
¿Cuanto tiempo debería tomarle a un tanque vaciarse por la válvula de escape de presión?

Esto depende del tamaño y el relleno del tanque, y el promedio de calor entrante. Cuanto peor sea la exposición al fuego, mas rápido se vaciará el tanque. Si la PRV está en ciclo, habrá mas tiempo (Ej. Si la PRV está abierta 1/10 mo. del tiempo, entonces el tiempo para vaciarse se incrementa por factor 10).

Recuerde que cuanto más se vacía el tanque, mayor es la superficie de pared expuesta al contacto con vapor y si se presentase fuego, comenzará el debilitamiento del tanque. En algunos casos ha llevado horas de contacto con el fuego antes de haber una BLEVE, éstos deben ser ejemplos donde la PRV han disminuido el nivel de líquido al punto donde comienza el fuego a contactarse con la pared del espacio de vapor.

La figura 7 muestra algunos tiempos estimados de vaciamiento del tanque, como se puede observar, los tanques mas grandes necesitan mas tiempo para vaciarse. Si éstos están solo parcialmente expuestos al fuego, se vaciará aun mas lentamente.

Figura 7: tiempo de vaciado aproximado por PRV vs. capacidad del tanque



¿Puede un tanque con protección térmica hacer una BLEVE?

SI, si el fuego es lo suficientemente severo o si la protección térmica es dañada y si el fuego está calentando la pared sin protección.

En la mayoría de los casos, los tanques con protección térmica son mucho menos tendientes a fallar debido a la exposición con el fuego. Sin embargo, el aislamiento térmico puede ser degradado por vibración mecánica, impactos y por exposición al fuego. Si hay una pérdida local de protección térmica, y la pared es debilitada por la exposición al fuego, una BLEVE puede ocurrir. Tanques con protección térmica pueden ser también vulnerados por impactos, corrosión, etc.

En general, la protección térmica disminuye el nivel de adición de calor y esto puede dar a los respondedores mas tiempo para actuar. Note también, que la protección termal disminuye el nivel al cual el contenido del tanque se evacua por la PRV. Esta protección es diseñada para dar a los respondedores mas tiempo para actuar pero también significa que el tanque permanecerá parcialmente lleno de líquido por un período mas largo de tiempo, y mas líquido significa BLEVES mas fuertes, si ocurriesen.

Peligros de las BLEVEs

¿Cuáles son los principales peligros de las BLEVEs?

Los principales peligros de una LPG BLEVE o BLEVE de propano son :

- Fuego
- Radiación térmica del fuego
- Ráfagas
- proyectiles

El peligro de éstos, decrece a medida que uno se va alejando del centro de la BLEVE. Los que mas lejos llegan son los proyectiles.

¿Que tan grande es una bola de fuego de un LPG o Propano BLEVE y a cuánto alcanza?

Si la liberación de propano o LPG se enciende inmediatamente, entonces se forma una bola de fuego. El tamaño de ésta depende de la masa de contenido del tanque en el momento en éste falla. La forma de la bola de fuego depende de cómo falla el tanque y de la temperatura cargada.

Si consideramos una bola de fuego esférica, entonces una ecuación aproximada para su radio máximo es:

$$R = 3 m^{1/3}$$

Donde,

R bola de fuego = radio de bola de fuego en metros

m = masa del propano en Kg.

Sin embargo, recuerde que las bolas de fuego no son siempre esféricas. En algunos casos, cuando el tanque falla, un gran camino de fuego puede resultar que tiene un radio mas grande de lo predicho arriba. Entonces no asuma que si está justo mas allá del radio predicho, no lo alcanzará.

Si no sabe cuán lleno está el tanque, asuma que tiene el 80% lleno de líquido cuando calcule el radio de las bolas de fuego para un tamaño de tanque dado. Recuerde también que el propano líquido a 25 grados C es cerca del 50% tan denso como el agua – Ej. 1 litro de propano = 0.5 Kg. Esto significa que la masa que lleva en Kg. Es 0.4 x la capacidad del tanque en litros-

La duración de la bola de fuego puede ser estimada por su tamaño y por la siguiente ecuación:

$$t = 0.15 \times R$$

Donde,

t = duración de la bola de fuego en segundos

Cuadro 2: muestra algunos tamaños de bolas de fuego y duración por serie de tamaños de tanque

Capacidad del Tanque 80 % de llenado	Masa de Propano	Radio de la Bola de Fuego	Duración de la Bola de Fuego
400 Litros	160 Kg	16 metros	2.4 segundos
4000 Litros	1600 Kg	35 metros	5.3 segundos
40000 Litros	16000 Kg	75 metros	11.3 segundos

¿Qué tan fuerte es la radiación térmica?

A una distancia de cerca de cuatro bolas de fuego, la radiación de calor proveniente de ésta puede ser tan fuerte como 21 kW/m2. a este nivel, la piel expuesta se quemaría en dos segundos. Para respondedores de emergencias utilizando ropas de protección, ese es tiempo suficiente para apartar su cara y limitar la dosis de radiación térmica.

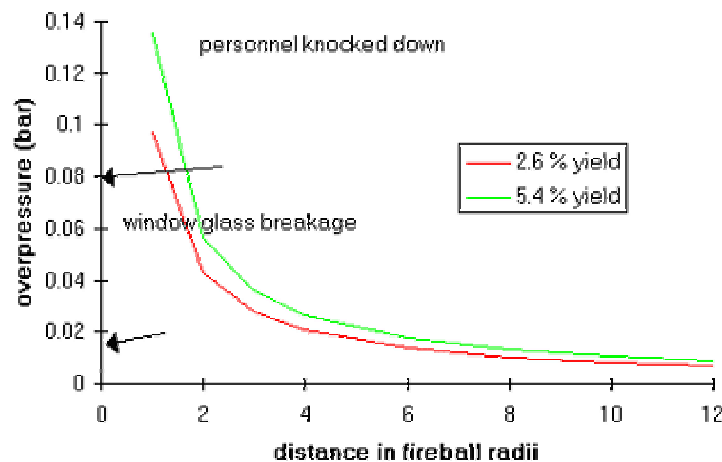
Que tan fuerte es la ráfaga de una BLEVE de propano?

Una BLEVE es una explosión física debida a la repentina liberación de una sustancia presurizada. Si la BLEVE sucede en el exterior, entonces la ráfaga se expande a una distancia de 4 bolas de fuego radio cerca de 20-30 mbar de presión.

Esta es presión suficiente como para romper el vidrio de una ventana y causar daños menores a la edificación.. Toma 70-100 mbar de presión para tirar a una persona (menos si estuviese sobre una escalera, etc.).

Sin embargo, si la BLEVE sucede cerca de otros objetos o estructuras, la ráfaga u ola podría causar el colapso de edificios o propagar objetos en distancias considerables. Esto lo consideraremos mas adelante, cuando hablemos de proyectiles.

Figura 8
Blast Overpressure vs Distance for Propane BLEVE



También puede haber una onda expansiva de la combustión de un nube inflamable. Esto puede suceder si una liberación de material inflamable es dejada mezclarse con el aire y encerrarse en una estructura o alcantarilla. Si esto se incendia, puede resultar una poderosa explosión con una onda expansiva severa. Es muy difícil cuantificar y de alcanzar. Si un gas liquidificado es inflamable y se libera, y no forma una bola de fuego, mantenga distancia, un incendio tardío puede cuasar severas explosiones.

¿Qué son proyectiles?

Cuando el tanque falla, parte de éste u objetos cercanos pueden ser lanzados en grandes distancias. Estos fragmentos pueden ser pequeños pedacitos o grandes porciones del tanque. En cada caso, esos fragmentos pueden y han sido mortales.

¿Qué tan lejos puede ir un proyectil?

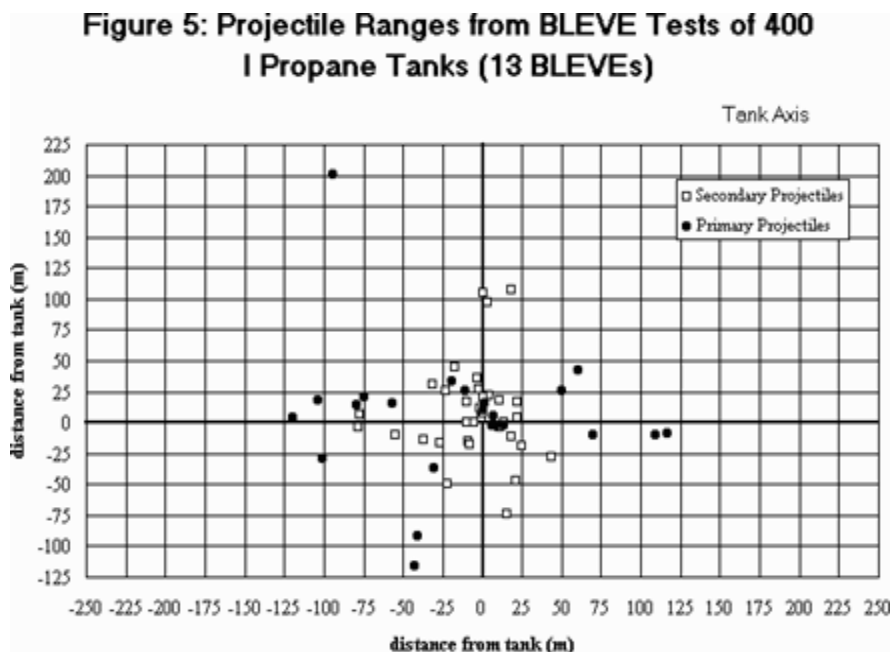
Pueden ir muy lejos. Los proyectiles son las amenazas mas inmediata de una BLEVE. La mayoría de los proyectiles caen uno 4-6 radio de la bola de fuego, dependiendo del tamaño del tanque, el nivel de llenado, la temperatura del líquido y la posición relativa al eje principal del tanque. Los proyectiles mas severos, tipo cohete, llegan a unos 15 radio de la bola de fuego . En una prueba a un tanque de propano de 460 l., éste se propagó a 22 radio de la bola de fuego.

¿Es cierto que los proyectiles de la BLEVE solo salen de la base del tanque?

No, generalmente, los proyectiles que llegan mas lejos son los que salen de las terminaciones de los tanques, pero eso no siempre es verdad. Los proyectiles también se desprenden de los lados, incluso si hay objetos cerca del tanque como ser equipos, caños, estructuras, etc., también pueden ser lanzados por la BLEVE y pueden salir en cualquier dirección.

La figura 9 muestra datos de proyectiles de 13 BLEVES de tanques de 400 L. Como se puede observar, los proyectiles fueron lanzados en todas direcciones. Los primeros son generalmente partes del tanque, mientras que los siguientes son los objetos cercanos, que son lanzados por la energía de la BLEVE.

Figura 9: rangos de proyectiles (escala media de prueba)



Los efectos de los proyectiles son impredecibles. Sólo hay una cosa segura que se puede decir acerca de ellos: cuanto más lejos se encuentre usted de la BLEVE, mas seguro estará.

Tácticas de respuesta

¿Debemos ir inmediatamente a apagar el fuego?

NO. El tiempo es muy importante, pero una medición apropiada es crítica antes de que el personal entre en escena. Cuando los primeros respondedores llegan, deben estar bien lejos, usar binoculares o telescopios para ver el tanque. Si hay, o ha habido fuego severo en el tanque, entonces no se deben acercar.

Algunas preguntas importantes son:

- ¿Cuánto lleva llegar al sitio?
- ¿Cuánto hace que hay fuego antes de que llegaran los respondedores?
- ¿Cuán severo es o era el contacto con el fuego?
- ¿Hay riesgos altos de exposición?
- ¿Pueden otros elementos verse involucrados e incrementar la situación?
- ¿Tiene suficiente capacidad de agua?
- ¿Puede aplicar agua durante el tiempo necesario?

Recuerde: lleva 5, 10,.....15 minutos para que un fuego severo cause una ruptura térmica. ¿no está llegando en el tiempo justo para presenciar (y formar parte) de una BLEVE?

Si no ha habido contacto de fuego en el tanque, y usted esta absolutamente seguro de esto, entonces debería asegurarse de que el tanque no tome contacto con el fuego. Manténgalo enfriado con agua, y aleje el fuego cerrando el suministro de combustible a esa fuente.

¿Cómo evaluamos la severidad del contacto con el fuego?

La severidad del contacto con el fuego puede variar significativamente y debe ser muy difícil de evaluar con certeza. Siempre debe tratar de errar por el lado seguro. No asuma que tiene de 10 a 15 minutos para actuar.

Acceda al fuego desde una distancia segura, usando ayudas como binoculares. Las preguntas a responder son:

- ¿Cuánto tiempo ha estado ardiendo?
- Solo lleva 5, 10, 15 minutos de contacto directo con fuego para debilitar severamente un tanque dependiendo de su tamaño, nivel de llenado, y la severidad del contacto.
- Si no lo sabe, manténgase alejado
- ¿Qué tan grande es el fuego?
- la magnitud del fuego puede envolver al tanque y causar su rápida falla.
- Los fuegos pequeños por los que se puede ver a través de ellos, calientan el tanque mas lentamente.
- Si no puede ver mucho del tanque porque esta envuelto en fuego, mantenga la distancia.
- ¿Esta el fuego en contacto directo con la armazón del tanque?
- Normalmente, el contacto directo con las llamas es necesario para una falla rápido
- Si no hay contacto directo, proteja el tanque con agua.
- ¿Hay fuego?
- Las llamas pueden causar al tanque la falla solo unos pocos minutos dependiendo de su tamaño, velocidad y punto de contacto
- ¿El contacto con el fuego en el tanque es fuerte o suave?

- Los contactos fuertes son peores que los leves debido al efecto de enfriamiento del líquido en el tanque
- Recuerde que no sabe cuál es el nivel de llenado del tanque
- Recuerde que la acción de las PRV bajan los niveles de líquido dentro del tanque.
- ¿El contacto con el fuego es sólo en la base del tanque?
- Este contacto puede provocar una falla del tipo cohete
- ¿Cuál es la fuente que alimenta el fuego?
- ¿Arderá ésta en pocos minutos?
- ¿Puede ser cortada la fuente de manera segura?
- Si el fuego puede ser eliminado, deje que el tanque se enfríe, no se aproxime a él, llame a expertos y déjelos que verifiquen las condiciones del tanque.

Cuando analice la exposición con el fuego, siempre observe a su alrededor y vea que otros elementos pueden verse involucrados. ¿Hay otros tanques en peligro?, ¿cuántos, de qué clase? ¿Pueden ser protegidos mediante pulverización de agua? . Si los otros tanques se ven involucrados , ¿cómo cambia eso el tamaño de la zona de peligro?.

¿Cuál es la dirección mas segura para acercarse al un tanque en llamas?

No hay ninguna camino absolutamente seguro para acercarse a un tanque expuesto a fuego severo.

Probablemente es mas seguro hacerlo con el viento en su espalda, para alejarse de cualquier nube que se libere y vuele con el viento. Generalmente es mas seguro acercarse desde los lados que desde las terminaciones del tanque, pero cuidado, esto no es siempre así.. los tanques pueden darse vuelta o torcerse antes de caer. Esto significa que pueden hacerlo en cualquier dirección. También, al rebotar pueden cambiar la trayectoria de las estructuras locales.

Cuando nos acercamos al tanque, ¿debemos hacerlo agachados o parados?

Si se para, incrementa la chance de ser herido por pequeños proyectiles. Y se mantiene agachado puede estar en zona de vapores.

¿Cuál es la distancia segura para los respondedores?

Esta es una pregunta crítica que desgraciadamente no tiene una respuesta simple. Una distancia absolutamente segura podría ser tan grande que es impráctica en su uso. Sin embargo, las distancias cortas requieren de personal que se expongan a si mismos a algún riesgo.

En la mayoría de los casos, los proyectiles o cohetes que tienen largo alcance son los mas peligrosos. La figura 10 muestra los rangos esperados vs. el tamaño de los tanques. El otro peligro es el fuego y la radiación térmica de las bolas de fuego si una liberación inflamable es encendida inmediatamente. Ondas expansivas peligrosas se desprenden de la explosión por el contenido del tanque, pero eso es solo un peligro menor comparado a otros. Sin embargo, ráfagas debidas a la nube de vapor que explota pueden ser severas y muy impredecibles. La nube de vapor que se mueve por el viento también puede ser muy peligrosa y llevar a riesgos de fuego o exposición tóxica.

Para bomberos con ropa de protección y equipamiento de respiración, la distancia de trabajo debería ser por encima de los 4 R, pero nunca menor a 90 metros, Cuando R es el radio de las bolas de fuego. Para el propano, el radio de fuego puede ser estimado por la siguiente ecuación, $R=3m^{1/3}$ donde M es la masa de propano en Kg y R es el radio en metros.

A 4R estará fuera de la bola de fuego y la radiación de calor teórica de la esfera de fuego es menor de 21 kW/m². el flujo del nivel de calor es aún bastante alto y es posible algún daño. Como una aproximación cruda, los rangos de los proyectiles pueden también ser referidos al radio de la bola de fuego. Lo siguiente es sugerido como guía:

- 80-90% de los proyectiles caen entre lo 4R desde los lados del tanque.
- Los cohetes severos pueden ir a 15R
- En casos muy severos y raros puede ser posible ver lo cohetes viajar a 22-30R

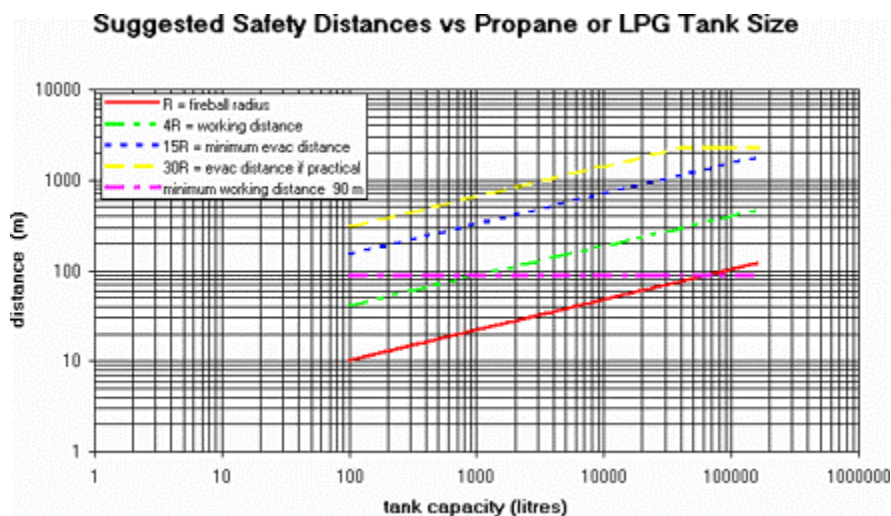
Basándonos en lo anterior, los civiles deberían ser evacuados mas allá de los 15R – 30R si fuera posible.

Como puede observarse, los bomberos posicionados a 4R aun están expuesto a peligros significantes de proyectiles. Debe ser remarcado que lo anterior esta basado en datos limitados y debe se considerado como aproximaciones.

La tabla 3 muestra un sumario de estos cálculo para varios tamaños de tanques con propano como mercadería.

Tabla 3: tamaño de las bolas de fuego y duración por rango de tamaño de tanque

Capacidad del Tanque 80 % de llenado	Masa de Propano	Radio de la Bola de Fuego	Distancia de Bomberos	Distancias de Evacuación
400 Litros	160 Kg	16 metros	90 metros	245-490 m
4000 Litros	1600 Kg	35 metros	140 metros	525-1050 m
40000 Litros	16000 Kg	75 metros	300 metros	1125-2250 m



Las distancias anteriores no consideran la dispersión de la nube de vapor, sus explosiones o efectos relativos. Por esta razón, si la mercadería es tóxica, o si se retrasa el incendio de una pérdida, es de importancia aumentar las distancias de peligro especialmente en dirección al viento si éste existiese.

Cuando un tanque esta por hacer una BLEVE, ¿da alguna clase de aviso antes de que suceda?

No espere escuchar o ver una advertencia que le de tiempo a salir. Las prácticas comunes nos dicen que busque algún bombeo, una decoloración, o gubias profundas, o que escuche sonidos metálicos, pero esos signos no siempre son perceptibles. En algunos casos el tanque se parte y vacila antes de la BLEVE, pero esa vacilación solo puede durar unos pocos segundos, a veces solo 1/10mo de segundo. En la mayoría de los casos, el tanque esta intacto en un momento y al instante esta caído en el suelo, envuelto en una bola de fuego.

¿Qué efecto tiene el viento en este tipo de casos?

Usted debe acercarse al tanque con el viento en su espalda para quedar fuera de un escape de vapor. Si hay fuego en un tanque, el viento tenderá a volar el fuego a sotavento de éste. Esto significa que el fuego probablemente será mas caliente en el lado del tanque que queda del otro lado de los respondedores. Esto hará difícil a los respondedores ver todos los efectos del fuego.

Si el tanque falla, lo hará probablemente del lado mas caliente, y si éste es el lado de sotavento, los contenidos pueden dirigirse hacia arriba y lejos de los respondedores. Sin embargo, el ataque resultante podría impulsar el tanque hacia los respondedores.

Este es un ejemplo de cómo un procedimiento puede ser seguro en un aspecto pero menos seguro en otro, siempre téngalo en mente.

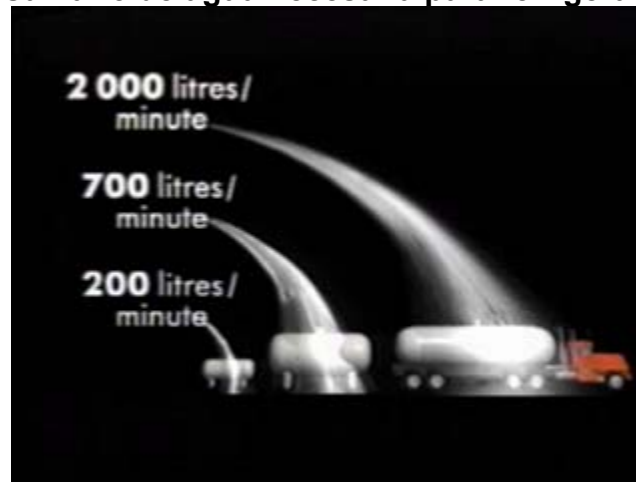
¿Cuál es el modo mas efectivo para los bomberos, de proteger al tanque del choque con el fuego?

El rociamiento de agua ha demostrado ser efectivo para refrigerar las superficies expuestas, **si el agua es aplicada inmediatamente**. Recuerde, solo lleva minutos de contacto con fuego severo para debilitar un tanque y causar una BLEVE.

Algunos experimentos han mostrado que para enfriar el metal caliente por contacto con fuego lleva aproximadamente 14 litros/min por metro cuadrado de superficie expuesta (0.35 gal/min por pie cuadrado de superficie expuesta) pero esto no es verdadero para choques severos de fuego. Este índice flotante se aplica si el agua es conectada inmediatamente cuando el fuego comienza.

Debería estar llegando 5, 10, 15 o más minutos después de que el fuego ha comenzado y para ese momento el tanque puede estar severamente debilitado. Si usted llega después de que el fuego halla dañado el tanque, estaría tomando un riesgo muy alto si se acerca lo suficiente para instalar monitores de refrigeración por agua.

Si el tanque no ha sido chocado por el fuego, pero esta siendo recalentado por radiación desde un fuego cercano, entonces la aplicación de agua es muy importante para protegerlo de un posible daño. Una regla sugerida es 5 X cuadrado de piso de la capacidad del tanque (gal) para el gal/min requerido.

Grafico 4: **sumario de agua necesaria para refrigerar un tanque**

NFPA establece que un torrente de 250-500 gal/min son necesarias para llevar una refrigeración a un torrente de 50-100ft. **El personal no debe jamás estar situado a esta cercanía si una BLEVE fuese posible.**

Una superficie de metal a altas temperaturas causará una corriente violenta de agua refrigerante cuando contacte con la pared, tome ésto como un signo de que el tanque ha sido severamente recalentado. En el instante en que el agua toca el metal caliente debe ser el de mayor peligrosidad. Asegúrese de estar fuera de peligro antes de que el agua sea abierta. Asegúrese también de tener suficiente agua para mantener la corriente por el tiempo necesario.

¿Cuándo no sería una buena idea aplicar agua para refrigerar?

Cuando no haya fuego y haya un tanque dañado, y la temperatura del tanque sea menor a la temperatura del agua refrigerante (Ej. Invierno, etc.) el aplicar agua puede realmente golpear al tanque y lentamente incrementar la presión y así, el esfuerzo de las paredes del tanque. Si éste ya ha sido severamente debilitado por un impacto o por contacto con fuego, entonces el incremento del esfuerzo puede iniciar una falla y hacer una BLEVE.

¿Qué debemos hacer si no tenemos suficiente agua?

Si no tiene suficiente agua, hay muy poco que pueda hacer. Si el tanque esta expuesto al fuego y éste no puede ser eliminado, entonces aléjese del rango de los proyectiles y del fuego.

¿Debemos enfriar un tanque dañado si esta siendo recalentado por el sol?

Si un tanque ha sido dañado por fuego o por un impacto es indeseable tener un incremento en la presión. Si el tanque está siendo recalentado por el sol, la presión está probablemente subiendo dentro de éste. Para controlar esto, normalmente es una buena idea refrigerar el tanque con agua. Para el calentamiento del sol solo es necesario tener suficiente corriente de agua como para mantener la superficie del tanque mojada.

Si el fuego es extinguido, ¿cuánto debemos esperar para acercarnos a el tanque?

Esto depende del tamaño del tanque y el nivel de llenado. Si el agua refrigerante ya ha sido aplicada, continúe con esto. Sin embargo, en casos severos, el personal debe quedarse atrás y dejar que el tanque y su cargamento se enfrien naturalmente hasta que la presión haya bajado a niveles normales, esto puede llevar varias horas en un tanque grande.

El tiempo resultara también en la recuperación de la fortaleza del tanque cuando las paredes vuelven a sus temperaturas normales. Pero recuerde, el tanque debe haber sido severamente debilitado por el fuego y puede haber sufrido deformaciones permanentes y afinamientos.

En cada caso, manténgase lejos del tanque . Llame a expertos de la industria quienes tienen el equipamiento para evaluar las condiciones del tanque .Usted no tiene todas las herramientas necesarias para realizar un evaluación cierta de la integridad de la estructura de éste.

¿Bajo qué circunstancias es apropiado enviar personal al interior de la zona de peligro?

No hay una respuesta simple a esta pregunta. Este documento ha hecho algunas sugerencias acerca de las distancias de trabajo. Algunos encontrarán estas distancias muy grandes y pueden elegir ignorarlas. Sin embargo, debe dejarse claro, si usted se acerca mas y si el tanque hace una BLEVE, sus chances de resultar herido o muerto se incrementan rápidamente.

No vaya mas cerca.

¿Cómo nos podemos preparar para semejante evento?

Este problema es tan técnico que es muy difícil contar todos los factores en la escena del accidente. Esto significa que la planificación anterior es sumamente importante. El departamento de bomberos debería hacer lo siguiente:

- Salga y busque facilidades
- Tenga en cuenta las ideas de seguridad y como funcionan
- Localice válvulas críticas, etc.
- Conozca la capacidad de varios tipos de tanques, prepárese para un accidente, calculando las dimensiones de las bolas de fuego, las distancias de seguridad, etc.
- Conozca cuál es la capacidad de agua disponible en la zona.
- Conozca cuánto tiempo le lleva llegar al lugar y cuanto le demandará instalarse allí.
- Planee con anticipación para todas las situaciones posibles desde pequeñas fugas hasta fuegos mayores.

Problema de Ejemplo

Usted ha llegado a la escena y un tanque esta severamente expuesto al fuego. Para a una distancia de cerca de 200 m. Y observa el tanque con binoculares. Una de las terminaciones del tanque esta completamente envuelta en fuego. Hay un fuerte ruido viniendo desde el tanque y un chorro de fuego saliendo de la tapa del tanque (probablemente el PRV). Le lleva 7 minutos llegar al lugar y además, el tanque puede esta listo para volar. Es demasiado tarde para enfriarlo con agua – lo mas importante ahora es sacar a los residentes fuera del camino riesgoso.

Usted observa a lo que está cerca del tanque, algunas maderas, un pequeño cobertizo, y evalúa los potenciales proyectiles de fragmentos que pudiesen ser expulsados si el tanque se rompiese. también nota la dirección del viento y la orientación del tanque.

Comienza a evacuar el área inmediata, teniendo en cuenta a los residentes en dirección al viento y los localizados debajo de éste, que serían los de mayor riesgo. Ahora necesita determinar el tamaño del área que necesita ser evacuada.

Usted estima que el diámetro del tanque es de cerca de 1 m. (basado en la comparación con los objetos cercanos) y que el tanque es cerca de 6 veces su diámetro.. ahora necesita estimar la masa de propano que hay en el tanque.

El volumen del tanque es aproximado de la figura 4, con $D= 1\text{m}$ y $L/D = 6$ el volumen es aproximadamente 5000l (1250 Usgal)

El propano tiene una masa de cerca la mitad de la del agua (1 litro = 1 Kg. , 1 litro de propano = 0.5 kg) si asumimos que el tanque esta lleno al 80% de su capacidad con propano, entonces la masa es:

$$M= 5000 \times 0.8 \times 0.5 = 2000 \text{ kg.}$$

El radio de la bola de fuego:

$$R = 3 \text{ m}^{1/3} = 3 (2000)^{1/3} = 38 \text{ m}$$

La bola de fuego durará cerca de 0.15 R segundos o en este caso cerca de $0.15 \times 38 = 5.7$ segundos.

Una distancia razonable para los respondedores de emergencia para observar el tanque es 4R o 90 metros, que siempre es mayor. En este caso, 4 R es 151 metros. Usted se acerca 150 metros, con el viento en su espalda y lejos de las terminaciones del tanque.

A esta distancia usted podría estar a salvo de las bolas de fuego si esta utilizando ropa de protección. La onda expansiva esperada es de 4 R, cerca de 30mbar. (0.44 psi) y podría romper los vidrios de una ventana y voltear al personal sobre sus pies, así que es precavido. El peligro real en esta zona son los fragmentos del tanque.

El tamaño del tanque puede desprender grandes pedazos de éste hasta 15 R – en este caso 567 m- en casos aislados podría enviar un fragmento hasta a 30 R o 1130 m, entonces evacuaría al público a una distancia de 15 R o 567 m en este caso, y si fuera práctico, evacua a 30 R o 1130 m en ese caso.

La evacuación esta progresando y usted esta evaluando la situación mejor.

¿De dónde está viniendo el combustible? ¿puede ser eliminado de manera segura?

¿hay otros tanques que podrían estar expuestos al calentamiento del fuego o a la penetración de un fragmento si el primer tanque hace una BLEVE?

Si no hay riesgo de vida, deja el fuego arder hasta que se extermina solo, el tanque se vacía a través de la PRV o hasta que estalla.

Bibliografía

- Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapour Cloud Explosions,, Flash Fires and BLEVEs, Center for Chemical Process Safety, AIChE, 1994
- Explosion Hazards and Evaluation, Baker, W.E., Cox, P.A., Westline, P.S., Kulesz, J.J. Strehlow, R.A., Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1983.
- Liquefied Petroleum Gases Handbook, 3rd edition, T c. Lemoff Editor, NFPA, 1992. Quincy Mass. USA.

Contactos

Emergencias (24hs.) 0-800-222-2933

Centro de Información Química para Emergencias (CIQUIME)

Juan Bautista Alberdi 2986

C1406GSS - Buenos Aires, ARGENTINA

Tel: +54 11 4613-1100

Fax: +54 11 4613-3707

E-mail: consultas@ciquime.org.ar

Web: www.ciquime.org.ar