

ALERTA DE PELIGRO

Baterías de tanques de campos petrolíferos — Prevención de explosiones por retroceso de llama de la antorcha

Una compañía de exploración y producción de combustibles fósiles con sede en Dakota del Norte estaba realizando modificaciones en una instalación de baterías de tanques ubicada en los campos petrolíferos de Bakken. Mientras las cuadrillas terminaban el trabajo, se produjo una explosión de los tanques de almacenamiento. Afortunadamente, todo el personal que se encontraba en el lugar estaba trabajando lejos de donde ocurrió la explosión y nadie resultó herido. La batería de tanques sufrió daños considerables, lo que detuvo la producción durante varios meses. Se identificó el retroceso de llama de la antorcha como la causa probable de la explosión. Puede producirse un incidente de retroceso de llama de la antorcha cuando la llama es arrastrada hacia atrás al interior de la chimenea de la antorcha debido a inestabilidades del flujo en el sistema. Una vez que ingresa en la chimenea de la antorcha, el frente de llama puede desplazarse hacia atrás hasta la batería de tanques y encender los vapores inflamables de los tanques.

Antecedentes

El diseño de la batería de tanques, habitual en muchos sitios de recolección de petróleo y gas, incluía tanto un sistema de tuberías de ecualización como un sistema de venteo de baja presión. El sistema de venteo recolectaba el vapor del espacio de vapor de cada tanque y lo dirigía a un sistema de antorcha. El sistema de antorcha tenía un diseño elevado típico e incluía un tambor separador de la antorcha, un arrestallamas, un ventilador de asistencia de aire y una chimenea de antorcha (consulte la Figura 1 a continuación).

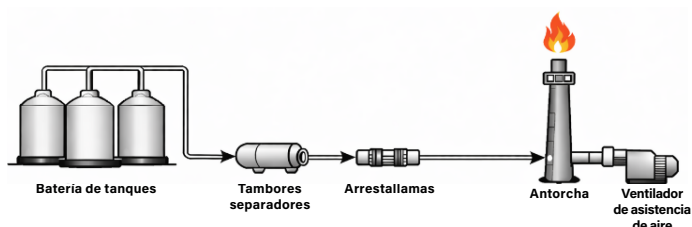


Figura 1: Sistema de antorcha de la batería de tanques.

¿Qué provocó la explosión?

Cuando ocurrió la explosión, todos los tanques estaban conectados mediante las tuberías del sistema de venteo, lo que permitía el flujo de vapores de hidrocarburos desde todos los tanques hacia el sistema de antorcha. El sistema se encontraba en un modo de funcionamiento transitorio, ya que los trabajadores estaban realizando actividades de modernización. OSHA también identificó los siguientes factores contribuyentes:

- Había niveles muy bajos de líquidos de hidrocarburos en dos de los tanques de almacenamiento, lo que reducía la cantidad de vapor que fluía a través del sistema.
- El líquido de cada uno de los tanques permaneció estancado durante varios días, lo que redujo el flujo de vapor con el tiempo.
- Los tanques experimentaron fluctuaciones significativas de temperatura entre las horas nocturnas y diurnas, y las temperaturas más bajas provocaron una reducción adicional del flujo de vapor hacia la antorcha.
- El generador que suministraba energía al ventilador de asistencia de aire de la antorcha se había quedado sin combustible poco antes de la explosión y se perdió el flujo de aire de asistencia.
- La llama de la antorcha se propagó hacia atrás a través de la chimenea de la antorcha, atravesó el arrestallamas y encendió los vapores en el espacio de vapor de los tanques conectados.



Figura 2: Tanques de almacenamiento dañados por el incidente de retroceso de llama de la antorcha.

Condiciones peligrosas

La exposición de los trabajadores a un incidente de retroceso de llama de la antorcha, y al incendio y la explosión resultantes, puede provocar fácilmente lesiones graves. Es más probable que existan peligros de retroceso de llama en las baterías de tanques de campos petrolíferos durante determinadas fases de construcción y funcionamiento en las que pueden producirse condiciones de bajo flujo, como las siguientes:

- Modernización
- Cierre temporal
- Baja producción
- Puesta en marcha

Para mitigar el peligro de retroceso de llama, es necesario prestar atención tanto a la estabilización de la llama de la antorcha (prevención del retroceso de llama) como al aislamiento/purgado del sistema de antorcha (protección contra el retroceso de llama).

Controles de ingeniería

Existen varias opciones de control que pueden prevenir o controlar las explosiones por retroceso de llama de la antorcha. Las técnicas que se indican a continuación deben ser diseñadas, instaladas y operadas por personas con experiencia en sistemas de antorchas y baterías de tanques de campos petrolíferos, y de conformidad con las normas y prácticas recomendadas de la industria, según corresponda.

■ Diseño del conjunto del quemador

La tecnología actual de quemadores de punta de antorcha, como los diseños de cinta corrugada, proporciona una mayor estabilización de la posición de la llama. Estos diseños de quemadores pueden influir considerablemente en la estabilidad de la posición de la llama en un amplio intervalo de caudales de venteo.

■ Soporte del flujo de gas de venteo de la antorcha y estabilización de la llama

El soporte del flujo de venteo de la antorcha es un método eficaz para mantener un flujo de venteo mínimo y positivo en la antorcha y estabilizar la posición de la llama. El uso de ventiladores de asistencia de aire para inyectar aire directamente en un plenum de la antorcha es un método habitual para proporcionar flujo suplementario de venteo de la antorcha. Cuando se utilizan ventiladores de asistencia de aire, es fundamental que la fuente de alimentación del ventilador esté diseñada para funcionar de manera continua. Las fuentes de alimentación de los ventiladores pueden incluir la red eléctrica o generadores in situ accionados por combustible, incluidas fuentes de alimentación redundantes y la transferencia automática a

una fuente de alimentación de respaldo si falla el sistema principal. Para garantizar que no se interrumpa la alimentación, pueden utilizarse instrumentos que monitoreen, generen alarmas y transmitan información sobre las condiciones existentes para alertar al personal a fin de que tome las medidas necesarias, como reabastecer de combustible los generadores antes de que se pierda la alimentación.

También pueden existir métodos alternativos para proporcionar soporte al flujo de gas de venteo de la antorcha, incluido el uso de gas de venteo recirculado del calentador-tratador. Para estos y otros métodos utilizados para proporcionar soporte al flujo de gas de venteo, el sistema debe estar diseñado para funcionar durante todas las fases correspondientes de construcción, funcionamiento y cierre temporal, como se indicó anteriormente.

■ Plenum de asistencia de aire de la chimenea

El diseño adecuado del plenum de asistencia de aire también puede proporcionar un medio para estabilizar la llama de la antorcha. Los plenums de asistencia de aire diseñados para no extenderse a lo largo de toda la altura de la chimenea reducirán considerablemente el intervalo de concentraciones combustibles de los gases de venteo. Además, los plenums de asistencia de aire que terminan cerca de la parte superior de la chimenea de la antorcha minimizarán el impacto en las concentraciones combustibles del gas de venteo, a la vez que mantendrán el flujo de aire de asistencia necesario para estabilizar la llama de la antorcha.

■ Arrestallamas de detonación

La experiencia con sistemas de antorcha de baterías de tanques indica que los arrestallamas de "deflagración", utilizados históricamente para impedir el desplazamiento inverso de la llama a velocidades subsónicas y bajas presiones, no son tan eficaces como los arrestallamas de "detonación", que están diseñados para velocidades supersónicas de la llama y presiones extremas. Además, la experiencia ha demostrado que los arrestallamas deben instalarse más cerca de la chimenea de la antorcha de lo que suele hacerse. Los arrestallamas de detonación deben instalarse cuidadosamente siguiendo las recomendaciones del fabricante sobre su ubicación y espaciamiento en las tuberías.

■ Detección de temperatura

La investigación del desplazamiento inverso de la llama en sistemas de antorcha indica que estas llamas pueden permanecer, durante una hora o más, inmediatamente aguas abajo del arrestallamas, del lado de la antorcha. Esto se debe tanto a la dinámica del flujo como a la presencia

de hidrocarburos líquidos que, según se sabe, se acumulan en pequeñas cantidades en la parte inferior de las tuberías de venteo en ese lugar. Un sensor de temperatura, instalado del lado de la antorcha del arrestallamas, puede indicar la presencia de combustión dentro de la chimenea y permitir que se extinga la llama antes de que atraviese el arrestallamas y continúe desplazándose aguas arriba.

■ Instrumentación del flujo de gas de la antorcha

Los instrumentos indicadores de flujo instalados en el colector de venteo de la antorcha pueden proporcionar información sobre las condiciones actuales de flujo, así como datos de tendencias que permitan advertir con anticipación sobre condiciones inminentes de bajo flujo, lo que permite tomar medidas correctivas cuando sea necesario. El tipo adecuado de instrumentación de flujo puede variar según el diseño del sistema y las condiciones del proceso.

■ Aislamiento de emergencia del sistema

Los arrestallamas están diseñados para detener durante un breve período un frente de llama que se desplaza en sentido inverso del lado de la antorcha del arrestallamas. Sin embargo, los fabricantes de arrestallamas han indicado que esta combustión puede atravesar el arrestallamas y encender materiales combustibles aguas arriba en menos de una hora. La instalación de una válvula de aislamiento de acción rápida aguas arriba del arrestallamas puede impedir que la llama llegue a la batería de tanques. Esta válvula de aislamiento puede activarse mediante una señal del flujo de gas de venteo o de la temperatura del arrestallamas.

■ Gas de purga de la llama

Se puede conducir gas inerte a alta presión (es decir, CO₂, N₂, etc.) mediante tuberías hasta un puerto de inyección en las tuberías de venteo para mantener una presión positiva, impedir la entrada de aire y evitar una mezcla explosiva de aire y gas. Este gas de purga puede activarse mediante una señal de temperatura del lado de la antorcha del arrestallamas. Esta acción puede producirse simultáneamente con el cierre de la válvula de acción rápida aguas arriba descrita anteriormente. La válvula de aislamiento local ayuda a garantizar que la combustión que se produce dentro de las tuberías de venteo sea expulsada a través de la chimenea de la antorcha. Los controles del sistema de antorcha deben apagar el sistema después de la liberación del gas de purga y mantenerlo apagado hasta que se restablezca manualmente una vez recuperada la estabilidad del sistema de venteo.

Conclusiones

Las recomendaciones de control proporcionadas anteriormente tienen como objetivo ayudar a las personas responsables del diseño, la modificación o el funcionamiento de los sistemas de antorcha de baterías de tanques. Diversos expertos de la industria y representantes de proveedores de equipos señalaron estas recomendaciones como métodos viables para mitigar el retroceso de llama en los sistemas de antorcha de baterías de tanques. El riesgo de lesiones graves, así como de pérdidas considerables de equipos y producción, constituye una razón de peso para considerar cuidadosamente las estrategias de mitigación del retroceso de llama desde las primeras etapas del desarrollo del diseño de las instalaciones de baterías de tanques o para mejorar los sistemas existentes.

Recursos

- American Petroleum Institute (API) 521 – Sistemas de alivio de presión y despresurización
- American Petroleum Institute (API) 2028 – Arrestallamas en sistemas de tuberías
- American Petroleum Institute (API) 537 – Detalles de antorchas para servicios generales de refinerías y petroquímica
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) – Pautas para la mitigación de liberaciones de vapores
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) – Pautas para sistemas de alivio de presión y manejo de efluentes
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) – Pautas para el diseño de ingeniería para la seguridad de procesos
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) – Pautas para plantas sobre la gestión técnica de la seguridad de procesos químicos

Cómo puede ayudar OSHA

Contamos con especialistas en asistencia para el cumplimiento en todo el país que pueden proporcionar a empleadores y trabajadores información sobre las normas de OSHA, programas educativos breves sobre peligros específicos o sobre los derechos y responsabilidades establecidos por OSHA, e información sobre recursos adicionales de asistencia para el cumplimiento. Comuníquese con su oficina [local de la OSHA](#) para obtener más información.

El Programa de Consultas en el Lugar de Trabajo de OSHA ofrece servicios gratuitos y confidenciales para ayudar a las pequeñas y medianas empresas a identificar y corregir peligros en el lugar de trabajo. Los servicios de consulta en el lugar de trabajo son independientes de las actividades de aplicación de la ley y no dan lugar a sanciones ni citaciones. Visite la [oficina de consultas](#) más cercana o llame al 1-800-321-OSHA (6742).

Derechos de los trabajadores

Los trabajadores tienen derecho a:

- Condiciones de trabajo que no supongan riesgo de daño grave.
- Recibir información y capacitación (en un idioma y vocabulario que el trabajador entienda) sobre los peligros en el lugar de trabajo, los métodos para prevenirlos y las normas de la OSHA que se aplican a su lugar de trabajo.
- Revisar registros de lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo.
- Presentar una queja solicitando a la OSHA que inspeccione su lugar de trabajo si creen que hay un peligro grave o que su empleador no está siguiendo las normas de la OSHA. La OSHA mantendrá la confidencialidad de todas las identidades.

- Ejercer sus derechos bajo la ley sin represalias, incluyendo informar de una lesión o plantear preocupaciones sobre salud y seguridad a su empleador o a la OSHA. Si un trabajador fue objeto de represalias por ejercer sus derechos, debe presentar una queja ante la OSHA lo antes posible, pero en un plazo máximo de 30 días.

Para obtener información adicional sobre los derechos de los trabajadores, visite www.osha.gov/workers.

Cómo comunicarse con OSHA

La misión de la OSHA es garantizar que los trabajadores americanos tengan condiciones de trabajo seguras y saludables libres de represalias ilegales. Para obtener más información, visite www.osha.gov o llame a OSHA al 1-800-321-OSHA (6742).

Esta Alerta de peligro no es un estándar ni una reglamentación y no crea ninguna obligación legal nueva. Contiene recomendaciones así como descripciones de normas obligatorias de seguridad y salud. Las recomendaciones son de carácter consultivo, de contenido informativo y tienen como objetivo ayudar a los empleadores a dar un lugar de trabajo seguro y saludable. La Ley de Seguridad y Salud Ocupacional requiere que los empleadores cumplan las normas y reglamentaciones de seguridad y salud promulgadas por la OSHA o por un estado con un plan estatal aprobado por la OSHA. Además, la Cláusula de deber general de la Ley, Sección 5(a)(1), requiere que los empleadores den a sus empleados un lugar de trabajo libre de peligros reconocidos que puedan causar la muerte o daños físicos graves. La mención de cualquier organización no gubernamental o de un enlace a su sitio web en esta Alerta de Peligro no constituye un respaldo por parte de OSHA a dicha organización ni a sus productos, servicios o sitio web.

