

Mantenimiento de equipos mecánicos seguros para trabajar con presencia de atmosferas explosivas: ¿Tenemos en Colombia?

MARCELO MAULEON – CIC Argentina

Móvil: +542214381517

correo: mauleonmarcelo@gmail.com

Introducción

Las atmósferas explosivas representan un desafío significativo en entornos industriales donde se manejan sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles. La presencia de estas sustancias combinadas con oxígeno y una fuente de ignición puede resultar en explosiones devastadoras que ponen en riesgo la seguridad del personal, la infraestructura y el medio ambiente.

En estas áreas clasificadas, el riesgo de ignición debido a fuentes de calor o chispas no se limita únicamente a equipos eléctricos. Equipos mecánicos como bombas centrífugas, ventiladores, compresores alternativos y sistemas de transporte también representan fuentes potenciales de ignición, especialmente cuando se producen defectos en los sistemas de lubricación, calentamiento de gases o compresión adiabática. Estos equipos pueden desarrollar puntos calientes debido a fallos en el mantenimiento, mala operación o diseño inadecuado.

Es fundamental que los profesionales de mantenimiento comprendan a fondo los riesgos asociados con estos equipos y adopten un enfoque proactivo en su gestión. La correcta aplicación de normativas internacionales, como la serie IEC 60079 y la ISO/IEC 80079, permite establecer

procedimientos de control efectivos para minimizar los peligros asociados.

Este documento tiene como objetivo proporcionar una base destinada a la capacitación del personal de mantenimiento en el reconocimiento, prevención y mitigación de estos riesgos. Se abordarán conceptos clave, métodos de protección, certificación de equipos y estrategias de formación para garantizar un entorno de trabajo seguro y en conformidad con las regulaciones vigentes.

Se presentarán estudios de caso y ejemplos prácticos que ilustran la importancia de la identificación temprana de riesgos y la implementación de medidas correctivas adecuadas. Además, se explorará la evolución normativa en el contexto global y local, destacando las mejores prácticas adoptadas por industrias líderes en la materia.

1. Contexto General

1.1 Riesgos en áreas clasificadas

Definición de atmósferas explosivas: Las atmósferas explosivas están compuestas por mezclas de gases inflamables, vapores, nieblas o polvos combustibles en contacto con el aire. Dependiendo de la concentración de estas sustancias y de la presencia de fuentes de ignición, pueden producirse explosiones catastróficas. Por ello, se han establecido clasificaciones de zonas de acuerdo con la probabilidad de presencia de atmósferas explosivas, tales como:

- **Zona 0:** Presencia continua de atmósfera explosiva.
- **Zona 1:** Presencia ocasional en condiciones normales de operación.
- **Zona 2:** Presencia poco probable y de corta duración.

Fuentes de ignición: Las principales fuentes de ignición incluyen:

- **Chispas mecánicas y eléctricas:** Generadas por equipos en funcionamiento defectuoso o en condiciones anómalas.
- **Altas temperaturas:** Pueden surgir debido a fricción, fallas de lubricación o sobrecalentamiento de componentes.
- **Impacto mecánico:** La interacción de partes móviles en los equipos puede generar chispas por impacto o desgaste.

Para minimizar estos riesgos, es esencial implementar medidas de control como el monitoreo continuo de equipos, el mantenimiento preventivo y el cumplimiento de normativas internacionales. Además, es crucial adoptar tecnologías avanzadas como sensores de temperatura, vibración y análisis de lubricantes para la detección temprana de posibles fallas.

Ejemplo práctico:

Un motor de bomba en una planta química sufrió una falla en el sistema de lubricación, generando temperaturas elevadas que provocaron la ignición de vapores inflamables cercanos. La implementación de sensores de temperatura podría haber evitado el incidente.

• 1.2 Evolución normativa

La evolución de la normativa en atmósferas explosivas ha sido constante para adaptarse a los avances tecnológicos y a la necesidad de mejorar la seguridad industrial. La introducción de la serie ISO/IEC 80079 complementa la IEC 60079 en la regulación de equipos mecánicos, abordando aspectos específicos como la evaluación de riesgos y los métodos de protección más eficaces. Algunos de los principales métodos de protección incluyen:

- **Ex c:** Seguridad constructiva mediante el diseño adecuado de los equipos para evitar la generación de fuentes de ignición.

- **Ex b:** Control de fuentes de ignición en operación, mediante la supervisión y el mantenimiento preventivo.
- **Ex k:** Inmersión en líquido para evitar el contacto de los equipos con atmósferas explosivas.

Además, se han desarrollado estándares específicos para la capacitación del personal, asegurando que todas las personas que trabajan en áreas clasificadas posean el conocimiento necesario para identificar riesgos y aplicar medidas preventivas de manera efectiva.

Las empresas deben estar actualizadas con estos cambios normativos y garantizar que los equipos utilizados estén debidamente certificados según las regulaciones vigentes. La certificación de equipos es esencial para garantizar su seguridad en entornos con atmósferas explosivas y su cumplimiento con los requisitos legales.

Estudio de caso:

Una empresa petroquímica implementó la norma IEC 80079 para evaluar sus equipos mecánicos, detectando deficiencias en la protección contra chispas y puntos calientes, lo que les permitió realizar mejoras sustanciales en su infraestructura y reducir incidentes.

2. Equipos Mecánicos como Fuentes de Ignición

2.1 Ejemplos de equipos involucrados

En áreas clasificadas con atmósferas explosivas, los siguientes equipos mecánicos pueden ser potenciales fuentes de ignición:

- **Bombas centrífugas:** El desgaste de los sellos mecánicos, los rodamientos defectuosos y las altas temperaturas de operación pueden provocar puntos calientes.
- **Ventiladores industriales:** La fricción en cojinetes y la acumulación

de polvo en componentes críticos pueden ser factores de riesgo.

- **Compresores alternativos:** Los defectos en válvulas, la falta de lubricación adecuada y el sobrecalentamiento son fuentes comunes de ignición.
- **Sistemas de transporte (cintas, elevadores):** El roce de materiales, la acumulación de polvo combustible y el calentamiento por fricción son amenazas latentes.

Cada uno de estos equipos puede generar calor por fricción, desgaste o malfuncionamientos, lo que hace esencial su supervisión y mantenimiento mediante la implementación de programas de inspección preventiva y predictiva.

2.2 Principales riesgos asociados

Los equipos mecánicos pueden generar fuentes de ignición debido a diversos factores de riesgo, entre los que destacan:

- **Defectos en la lubricación:**
 - Pueden generar fricción excesiva y calentamiento anormal de componentes como cojinetes y engranajes.
 - La contaminación del lubricante con partículas metálicas incrementa la probabilidad de ignición.
- **Calentamiento de gases:**
 - Durante la compresión de gases, los efectos adiabáticos pueden aumentar la temperatura interna a niveles peligrosos.
 - Las fugas en sellos mecánicos pueden causar acumulación de gas inflamable en zonas no ventiladas.
- **Chispas mecánicas:**

- El impacto o roce entre componentes metálicos defectuosos puede generar chispas peligrosas.
- El desgaste por fatiga de materiales y vibraciones no controladas pueden propiciar la ignición.

Ejemplo práctico:

En una refinería, un compresor alternativo experimentó un sobrecalentamiento debido a una lubricación inadecuada, lo que provocó un incremento en la temperatura de los cabezales y la ignición de gases acumulados en la carcasa, generando un incidente que fue controlado gracias a la rápida intervención del equipo de emergencia. Los compresores de aire suelen ser una fuente de puntos calientes y deberían ser evaluados con cuidado en cada planta, actualmente hay empresas que aprovechan el calor generado por los compresores para calefaccionar parte de las instalaciones.

2.3 Medidas de prevención y control

Para reducir los riesgos asociados a equipos mecánicos en áreas clasificadas, se deben implementar las siguientes medidas preventivas:

- **Mantenimiento preventivo y predictivo:**
 - Inspecciones regulares mediante termografía infrarroja y análisis de vibraciones.
 - Reemplazo programado de componentes críticos.
- **Control de lubricación:**
 - Uso de lubricantes certificados para ambientes con atmósferas explosivas.
 - Implementación de sistemas de monitoreo de calidad del lubricante.

- **Selección de equipos adecuados:**
 - Uso de equipos certificados conforme a normas internacionales como ISO 80079.
 - Aplicación de diseños resistentes a la ignición mecánica.

Estudio de caso:

Una planta de producción de químicos implementó un programa de mantenimiento predictivo basado en sensores de temperatura y vibración, lo que permitió identificar un desgaste prematuro en cojinetes de un ventilador de equipo presurizado, evitando así un fallo mayor que produciría una parada de planta no programada.

3. Métodos de Protección y Certificación

3.1 Métodos de protección según ISO 80079-37

La norma ISO 80079-37 establece métodos específicos para prevenir la ignición en equipos mecánicos dentro de áreas clasificadas. Estos métodos se centran en garantizar que los equipos sean seguros tanto en condiciones normales como en circunstancias anormales de operación. Los métodos principales son:

- **Ex c:** Seguridad constructiva:
 - Se basa en el diseño y construcción de equipos de manera que no generen fuentes de ignición durante su funcionamiento.
 - Incluye el uso de materiales resistentes al desgaste y la implementación de sistemas que minimicen la fricción.
- **Ex b:** Control de fuentes de ignición:

- Este método asegura que cualquier fuente potencial de ignición sea controlada o eliminada mediante monitoreo continuo.
- Ejemplos incluyen sistemas de detección de temperatura y vibración que apagan automáticamente el equipo en caso de anomalías.

- **Ex k:** Inmersión en líquido:

- Se utiliza para proteger componentes críticos al sumergirlos en líquidos no inflamables, impidiendo que entren en contacto con atmósferas explosivas.

3.2 Certificación de equipos

La certificación de equipos mecánicos en áreas clasificadas es un requisito indispensable para garantizar la seguridad y el cumplimiento normativo. Los procesos de certificación incluyen:

1. Evaluación de riesgos:

- Identificar todas las posibles fuentes de ignición en el equipo.
- Analizar las condiciones de operación normales y anormales.

2. Pruebas de conformidad:

- Realizar ensayos específicos para verificar que los equipos cumplen con los estándares internacionales.
- Ejemplo: Pruebas de resistencia a altas temperaturas y vibraciones.

3. Marcado de equipos:

- Una vez certificados, los equipos deben ser marcados con información relevante, como la categoría de

protección, tipo de zona y número de certificación.

4. **Mantenimiento de la certificación:**

- Las certificaciones deben renovarse periódicamente mediante auditorías y reevaluaciones.
-

Estudio de caso:

Un fabricante de ventiladores industriales certificó su línea de productos bajo ISO 80079, lo que resultó en una mejora en la aceptación del mercado internacional. Gracias a esta certificación, la empresa pudo exportar sus productos a regiones con estrictos requisitos de seguridad, garantizando la confianza de sus clientes.

Situación en Argentina: Actualmente en Argentina falta de certificación local y los avances en normativas se han dado en forma lenta en la AEA actualmente se desarrollan estos temas normativos.

4. **Capacitación del Personal de Mantenimiento**

4.1 **Importancia de la formación**

La capacitación adecuada del personal de mantenimiento es fundamental para garantizar la seguridad en áreas clasificadas con atmósferas explosivas. Una formación deficiente puede llevar a la falta de identificación de riesgos y a la implementación de procedimientos incorrectos, aumentando así la probabilidad de incidentes graves. La formación debe centrarse en:

- Reconocer y entender los riesgos asociados con los equipos mecánicos en atmósferas explosivas.

- Implementar técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Aplicar correctamente las normativas internacionales y locales.

El impacto positivo de una formación integral incluye la reducción de accidentes, la mejora de la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo, lo que también protege la reputación de la empresa.

4.2 **Temas clave en la capacitación**

Identificación de puntos críticos

- **Ejes rotativos:** Inspeccionar regularmente el estado de los ejes, verificar la alineación y comprobar la calidad de la lubricación para evitar fricción excesiva.
- **Sistemas de lubricación:** Revisar niveles y calidad del lubricante; asegurarse de que no haya contaminación que pueda aumentar la fricción y generar calor.

Inspección y mantenimiento preventivo

- **Detección temprana de fallos:** Uso de tecnologías como análisis de vibraciones, termografía infrarroja y análisis de lubricantes para prever fallos mecánicos.
- **Programas de mantenimiento preventivo:** Implementar planes regulares de inspección y mantenimiento según las recomendaciones del fabricante y las normas ISO/IEC aplicables.
- **Control de repuestos:** Uso de componentes originales certificados para garantizar el cumplimiento normativo.

Correcto uso de equipos certificados

- **Procedimientos de instalación:** Asegurarse de que los equipos certificados sean instalados por

personal calificado siguiendo las especificaciones técnicas.

- **Operación segura:** Capacitar al personal en las mejores prácticas para operar equipos en áreas clasificadas.
- **Manejo de emergencias:** Desarrollar protocolos claros para actuar en caso de detectarse una fuente de ignición o calentamiento excesivo.

Documentación y seguimiento

- **Registros detallados:** Mantener registros de todas las inspecciones, mantenimientos y reparaciones realizadas.
- **Actualización constante:** Incluir formación continua sobre nuevas normativas, tecnologías y prácticas en seguridad industrial.

4.3 Métodos y herramientas para la formación

La capacitación efectiva debe ser interactiva y práctica. Algunas estrategias incluyen:

- **Sesiones teóricas:** Clases basadas en las normativas internacionales, con ejemplos prácticos y estudios de caso.
- **Simulaciones y prácticas en campo:** Uso de equipos reales o simulados para replicar condiciones operativas y practicar respuestas a emergencias.
- **Capacitación continua:** Actualización regular mediante talleres, seminarios y cursos en línea.
- **Evaluaciones periódicas:** Pruebas teóricas y prácticas para garantizar que el personal haya internalizado los conceptos clave.

Ejemplo práctico:

En una refinería, un equipo de mantenimiento evitó un incidente crítico gracias a la formación recibida en la identificación de puntos calientes mediante termografía infrarroja. La detección temprana permitió

realizar ajustes preventivos en una bomba centrífuga, evitando un posible incidente.

Estudio de caso:

Una planta de procesamiento de alimentos implementó un programa de capacitación intensiva basado en las normativas ISO/IEC 80079. Como resultado, se logró reducir en un 40% los incidentes relacionados con fuentes de ignición mecánicas y se mejoró la capacidad del personal para responder eficazmente a situaciones de riesgo.

•

5. Conclusión La generación de puntos calientes en equipos mecánicos en áreas clasificadas representa un riesgo significativo de ignición. Este documento ha destacado los diversos factores que contribuyen a dicho riesgo, desde las fallas en la lubricación hasta la falta de un diseño adecuado en los equipos. Estos puntos calientes pueden ser mitigados mediante la adopción de normas internacionales como la ISO/IEC 80079 y la implementación de programas de capacitación especializados.

Aspectos clave destacados:

- **Normativas internacionales:** La aplicación de estándares como IEC 60079 y ISO 80079 no solo garantiza la seguridad, sino que también asegura la compatibilidad de los equipos con los entornos más exigentes.
- **Capacitación del personal:** La formación continua es esencial para que el personal pueda identificar, prevenir y responder ante posibles fuentes de ignición. Esto incluye el uso adecuado de tecnologías como sensores de temperatura y análisis de vibraciones.
- **Mantenimiento preventivo:** La implementación de programas de mantenimiento preventivo y predictivo ayuda a identificar fallos antes de que

puedan convertirse en un peligro. Herramientas como la termografía infrarroja han demostrado ser efectivas en la detección de puntos calientes.

- **Certificación de equipos:** Garantizar que todos los equipos estén certificados bajo normativas reconocidas reduce significativamente el riesgo de ignición y asegura un entorno de trabajo más seguro.

Recomendaciones finales:

1. **Promover la certificación local:**
Impulsar la certificación de equipos mecánicos a nivel nacional permitirá un mejor acceso a tecnologías seguras y reducirá la dependencia de productos importados.
2. **Fortalecer la cultura de seguridad:**
Las empresas deben priorizar la seguridad mediante campañas educativas y sistemas de gestión que fomenten la prevención de riesgos.
3. **Adoptar tecnologías innovadoras:**
La inversión en herramientas avanzadas de monitoreo, como el Internet de las Cosas (IoT), puede revolucionar la forma en que se gestionan los riesgos en áreas clasificadas.

¿Tenemos en Colombia?

En Colombia de acuerdo a la Resolución 40117 del 2/Abril/2024 en el “*Libro 3 INSTALACIONES OBJETO DEL RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*” tiene un TITULO 28 – CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE USO FINAL Y REQUISITOS ESPECÍFICOS SEGÚN EL TIPO DE INSTALACIÓN Artículo 3.28.3-Instalaciones especiales Ítem 3.28.3.1 que trata de : “*Instalaciones eléctricas en lugares clasificados como peligrosos*”.

En el mismo aclara que “*la clasificación de áreas debe hacerse de acuerdo con la*

metodología del IEC (Zonas) o la de NFPA (Clases, Divisiones) ...”

*“Código de temperatura. Tanto en el método de las Clases como el de las Zonas, se requiere que los equipos a utilizar en áreas clasificadas estén marcados con la **clase de temperatura superficial máxima de operación**, que en ningún caso deben ser superior al 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor presente.”*

*“Adicionalmente, se debe considerar el **calor que producen los equipos**; los cuales no deben operar con temperaturas por arriba de la señalada por el productor, ya que pudiera ser potencialmente una fuente de ignición.”*

Al momento no hay ninguna referencia en Colombia de utilización de equipos no-eléctricos Certificados.

Reflexión final:

La seguridad en áreas clasificadas con atmósferas explosivas no es solo una obligación regulatoria, sino un compromiso ético con la vida de los trabajadores y la sostenibilidad de las operaciones industriales. A través de una combinación de normativas, formación y tecnología, es posible crear un entorno seguro y resiliente frente a los riesgos asociados con los puntos calientes en equipos mecánicos.

Referencias

- ISO/IEC 80079-37: Non-electrical equipment for explosive atmospheres.
- IEC 60079: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

- Documentación técnica de AEA e IRAM sobre atmósferas explosivas.
- RETIE - Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas