Protección & Seguridad
Enero - Febrero / 2023

Protección pasiva ignífuga contra incendios en instalaciones petroleras



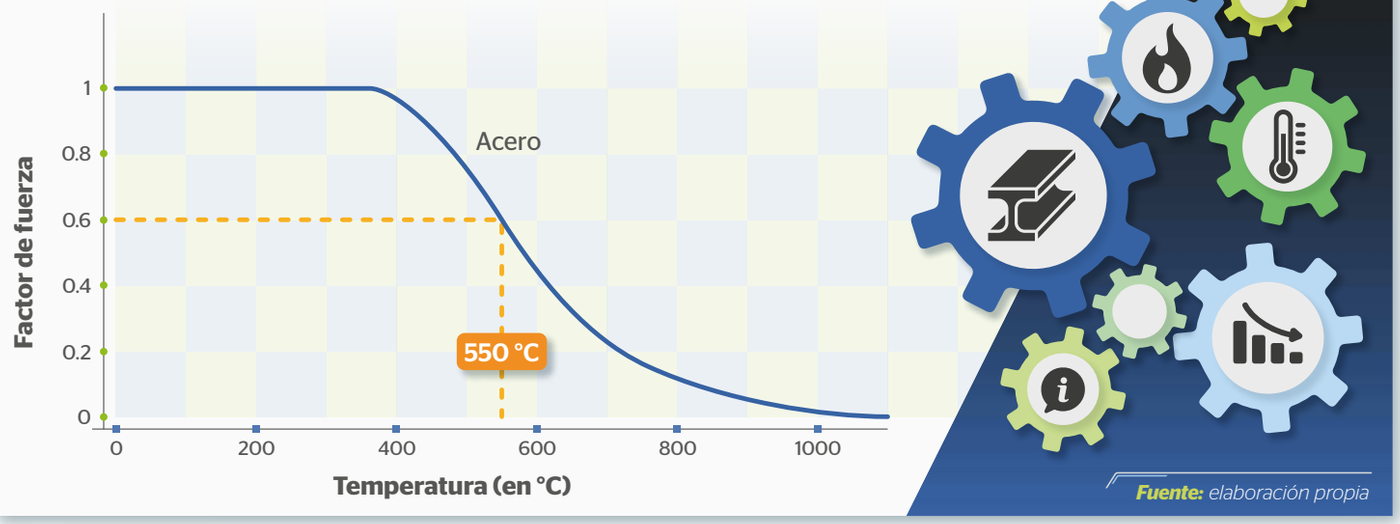


Óscar Mauricio Barajas Pinzón
Ingeniero Mecánico
Magíster en Ingeniería en protección contra incendios / Magíster en Automatización Industrial / Especialista en Respuesta en Emergencias / Especialista certificado en protección contra incendios CFPS-NFPA / Profesional de la seguridad certificado CSP-BCSP / Auditor ISO 45001 / Ingeniero de Prevención de Pérdidas en Saudi Aramco

Las estructuras de acero son especialmente vulnerables cuando entran en contacto directo con el fuego. Incluso, su capacidad estructural se ve reducida hasta en un 40 % o más cuando alcanza temperaturas entre los 550 °C y los 600 °C mediante exposición directa a las llamas o por transferencia de calor por convección y radiación.

Por ende, la protección de estructuras metálicas constituye una prioridad, especialmente para equipos que son relevantes en los procesos productivos desarrollados en instalaciones petroleras *oil & gas*.

Figura 1. Reducción de la capacidad portante del acero



Fuente: *elaboración propia*

El presente artículo describe los principios básicos de protección ignífuga de estructuras, criterios para identificar equipos y zonas de vulnerabilidad en instalaciones industriales. También expone una breve descripción de los materiales utilizados para proteger los equipos y las estructuras.

Referencias documentales y normativas

La protección ignífuga de estructuras vulnerables dentro de instalaciones industriales ha acaparado la atención de organismos internacionales de estandarización como el Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés), la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, por sus siglas en inglés) y los Estándares Nacionales de Gran Bretaña que son controlados por el Instituto Británico de Estándares (BSI, por sus siglas en inglés).

De igual forma, los documentos listados a continuación son ampliamente utilizados como referencia con relación a la protección ignífuga:

- SFPE. *'Engineering Guide to Performance Based Fire Protection'* (Guía de ingeniería para la protección contra incendios basada en el rendimiento).
- API RP 2219. *'Fireproofing practices in petroleum and petrochemical processing plants'* (Prácticas de protección contra incendios en plantas de procesamiento de petróleo y productos petroquímicos).
- BS 6387. *'Performance requirements for cables required to maintain circuit integrity under fire conditions'* (Requisitos de rendimiento de los cables necesarios para mantener la integridad de los circuitos en condiciones de incendio).
- UL 1709. *'Rapid rise fire test of protection material for structural steel'* (Prueba de fuego de ascenso rápido de material de protección para acero estructural).
- UL 2196. *'Test for fire resistive cables'* (Ensayo de cables resistentes al fuego).
- NFPA 30. *'Flammable and combustible liquid code'* (Código de líquidos inflamables y combustibles).



Imagen 1. Estructuras de acero afectadas por contacto directo con fuego. ***Fuente:*** *ScienceDirect*



Imagen 2. Estructuras de edificaciones con protección ignífuga. ***Fuente:*** *The Balancesmb*

Identificación de equipos de riesgo

El primer paso en el proceso de implementación de la protección ignífuga en instalaciones petroleras y petroquímicas es la identificación de equipos y procesos que podrían liberar suficiente energía o sustancias peligrosas y que tengan capacidad de producir un incendio o proceso de combustión continua (Tugnoli, et al., 2012).

En instalaciones de *oil & gas* resulta clave la identificación de los siguientes equipos y procesos:

- Compresores que manejan gas combustible (por ejemplo, metano o hidrógeno) accionado por un motor de 150 kW (200 HP) o más y su sistema de lubricación.
- *Turbo-expanders* que manejan líquidos inflamables y combustibles.
- Bombas con capacidad de 0,5 l/s o 10 gpm o más, bombeando líquidos inflamables y combustibles a una temperatura cercana al punto de inflamación (*flash point)* de esas sustancias.
- Cualquier reactor, oxidizador, horno o proceso de calentamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- Cualquier horno alimentado por combustibles líquidos.
- Intercambiadores de calor, recipientes, columnas u otros equipos que contienen líquidos inflamables y combustibles con temperatura de autoignición de 315 °C o superior.
- Puertas de los lanzadores y receptores de *scrapers* en tuberías utilizadas para el transporte de líquidos inflamables y combustibles.

Identificación de zonas de vulnerabilidad

El segundo paso en el proceso de implementación de protección ignífuga es la identificación de zonas de vulnerabilidad. Estas son áreas críticas dentro de una facilidad de *oil & gas* en las que los equipos y procesos que se encuentran inmersos en ellas podrían ser afectados por la acción de un incendio o por procesos de combustión continua, lo que conduciría a la reducción en su funcionalidad, operación o a un colapso de los mismos y con la potencial afectación de todo el proceso productivo. Por lo tanto, las estructuras vulnerables localizadas en estas zonas deben tener protección ignífuga.

El estándar API RP 2219. *'Fireproofing practices in petroleum and petrochemical processing plants'* (Prácticas de protección contra incendios en plantas de procesamiento de petróleo y productos petroquímicos) ofrece criterios claros para definir zonas de vulnerabilidad alrededor de equipos y procesos que puedan generar incendios.

A manera de ejemplo, en la industria *oil & gas* es común definir las zonas de vulnerabilidad en los siguientes términos:

- El cilindro de 12 metros de radio alrededor del equipo de riesgo de incendio. El cilindro se extiende hasta una altura de 9 metros desde el suelo.
- El espacio dentro de diques de tanques o recipientes que contienen líquidos inflamables y combustibles que se encuentren almacenados a una temperatura muy cercana a su *flash point*. En este caso, el volumen también se extiende hasta una altura de 9 metros sobre el suelo.
- El espacio alrededor de canales de drenaje (3 metros desde el borde del canal) y también se extiende hasta una altura de 9 metros sobre el nivel del suelo.

Estructuras que deben ser protegidas

Tal como se mencionó anteriormente, las estructuras a proteger son aquellas que se encuentren dentro de la zona de vulnerabilidad, alrededor de los equipos de riesgo.



Imagen 3. Ejemplo de revestimiento para proteger válvulas y actuadores ante *"jet fire"*. ***Fuente:*** *Fireprotection*



Imagen 4. Revestimiento para actuadores de válvulas. ***Fuente:*** *Irex*

A continuación, algunos ejemplos de equipos y estructuras que requieren protección:

- Soportes de torres, columnas, recipientes e intercambiadores de calor ubicados en la zona de vulnerabilidad.
- Calentadores de proceso y generadores de vapor que se encuentren, total o parcialmente, inmersos en zonas de vulnerabilidad.
- Soportes de tubería: estructuras verticales que soportan tuberías destinadas al transporte de líquidos inflamables, combustibles o materiales tóxicos. También deben protegerse los soportes de tubería de protección contra incendio cuando estos pasan por zonas de vulnerabilidad si la distancia entre la base y la tubería exceden los 300 mm.
- Madera y otros materiales combustibles no deben usarse como soportes temporales. Dentro de las zonas de vulnerabilidad, los soportes temporales deben tener protección ignífuga.
- Sistemas instrumentados de control que forman parte de los sistemas de parada de emergencia.

Tipos de materiales y sustancias ignífugas utilizadas para proteger estructuras

Las siguientes sustancias se utilizan ampliamente en la industria *oil & gas* como mecanismos de protección ignífuga de estructuras:

- Concreto de alta densidad.
- Concreto ligero.



Imagen 5. Aplicación de protección ignífuga alrededor de equipos de proceso. ***Fuente:*** *GCPAT*



Imagen 6. Mastic y recubrimientos intumescentes utilizados para protección de pequeñas estructuras y sistemas instrumentados. ***Fuente:*** *UL.com*

- Pinturas intumescentes.

Los materiales o sustancias seleccionadas deben tener el siguiente requerimiento de desempeño:

- Resistencia al fuego de dos (2) horas.
- Superar las pruebas establecidas por el estándar UL 1709 u otro similar que sea reconocido internacionalmente (Virolainen, et al., 2019).
- El fabricante de estas sustancias debe demostrar que el material tiene capacidad de mantener integridad una vez es aplicado correctamente (Argenti & Landucci, 2014), (Tugnoli, et al., 2019).
- La protección ignífuga se considera una efectiva barrera de seguridad. No obstante, puede retardar la detección de corrosión o fugas en la estructura protegida, lo que implica altos costos de inspección y mantenimiento. Este aspecto debe incluirse en los programas de integridad mecánica (Delahunt, 2003).



Imagen 7. Efectos de la corrosión por debajo de la protección en tubería. ***Fuente:*** *Corrosion Clinic*

Conclusión

La efectiva implementación de protección ignifuga en instalaciones industriales y facilidades de *oil & gas* implica dos pasos relevantes: la identificación de equipos de riesgo y la determinación de zonas de vulnerabilidad. No todas las estructuras y equipos deben ser protegidos. Solamente aquellos equipos vulnerables que sean altamente críticos para mantener la operación y la seguridad de las instalaciones y, a su vez, garantizar la continuidad del negocio.

La adecuada selección del material ignífugo para proteger estructuras vulnerables a mandatoria. Los materiales más ampliamente usados para este fin son concretos de alta densidad, concreto ligero y pinturas intumescentes.

Así mismo, la correcta aplicación de los materiales ignífugos es un requisito fundamental para mantener la integridad y la sostenibilidad de la protección aplicada. Por lo tanto, estos materiales deben estar listados y aprobados por entes internacionales de certificación. De igual manera, deben ser aplicados por personal calificado.

Los estándares internacionales tienen como requerimiento la implementación de programas de inspección y mantenimiento de protecciones ignífugas de estructuras. Por ende, se recomienda realizar una inspección anual por parte de un ingeniero civil calificado.

Finalmente, existen alternativas a la protección pasiva de contra incendios, especialmente, durante la fase de diseño tales como el diseño inherente y espaciado, así como la implementación de protecciones activas. Así, un adecuado análisis de las necesidades de protección en la instalación es esencial para facilitar el proceso de toma de decisiones.

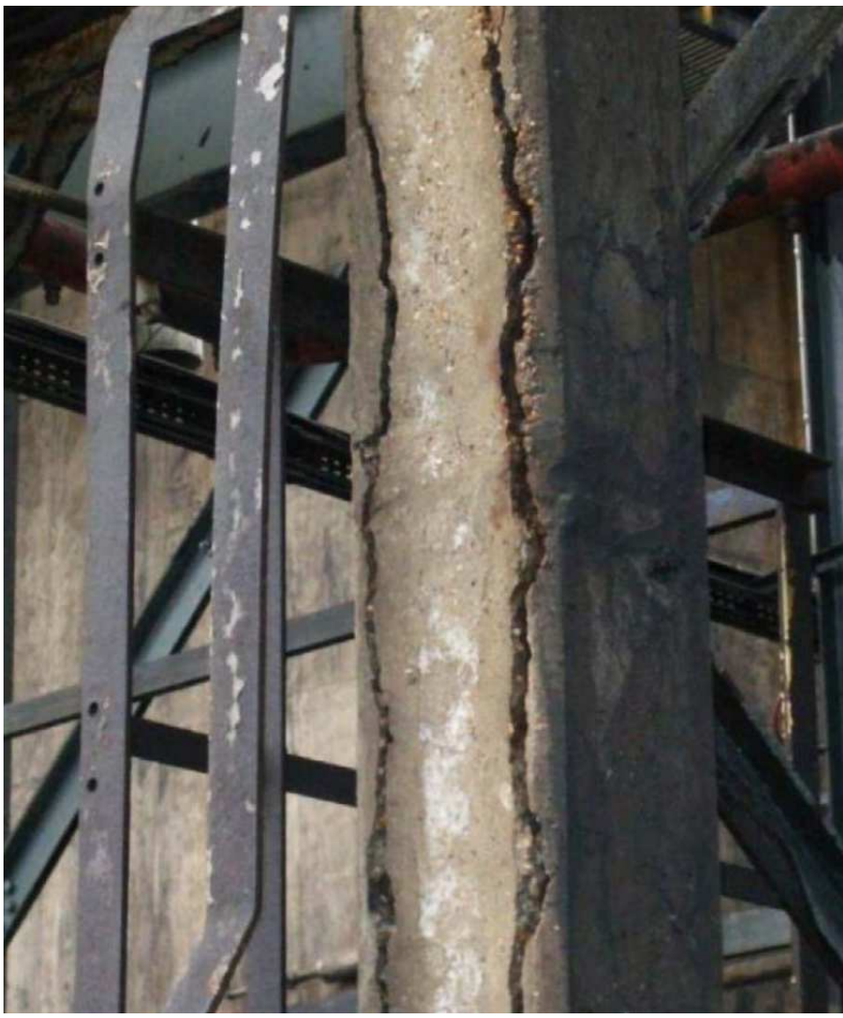


Imagen 8. Efectos de la corrosión interna en columnas. ***Fuente:*** *Epolac*

Referencias

Arabasadi, Z., Khorasani, M., Akhlaghi, S., Fazilat, H., Gedde, U. W., Hedenqvist, M. S., & Shiri, M. E. (2013). Prediction and optimization of fireproofing properties of intumescent flame retardant coatings using artificial intelligence techniques. Fire safety journal, 61, 193-199.

Argenti, F., & Landucci, G. (2014). Experimental and numerical methodology for the analysis of fireproofing materials. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 28, 60-71.

Delahunt, J. F. (2003). Corrosion Under Thermal Insulation and Fireproofing-An Overview. CORROSION 2003.

Di Padova, A., Tugnoli, A., Cozzani, V., Barbaresi, T., & Tallone, F. (2011). Identification of fireproofing zones in *Oil & Gas* facilities by a risk-based procedure. Journal of hazardous materials, 191(1-3), 83-93.

Tugnoli, A., Cozzani, V., Di Padova, A., Barbaresi, T., & Tallone, F. (2012). Mitigation of fire damage and escalation by fireproofing: A risk-based strategy. Reliability Engineering & System Safety, 105, 25-35.

Tugnoli, A., Moricone, R., Scarponi, G. E., & Cozzani, V. (2019). Effective thermal conductivity of fibrous fireproofing materials. International Journal of Thermal Sciences, 136, 107-120.

Virolainen, I., Martynov, A., Ustinov, A., & Andreev, A. (2019, October). Development of laboratory techniques for assessment of operating properties of intumescent fireproofing coatings. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 666, No. 1, p. 012087). IOP Publishing.

IEEE, Publishing Services Department, "Preparation of Papers in a two-column format for IEEE photo-off set publications", Instructivo para autores del IEEE. New York. 1983.