

Boletín 124

COMPORTAMIENTO DE LOS CABLES FRENTE AL FUEGO

Boletín técnico N°124
PARTE 1
Ing. Gregor Rojas

COMPORTAMIENTO DE LOS CABLES FRENTE AL FUEGO

PARTE 1

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

La realización de instalaciones eléctricas con cableado específicamente resistente al fuego viene derivada de una serie de modificaciones que se han solicitado para los cables de baja y media tensión en aquellas instalaciones que requieren un especial grado de seguridad y prevención en caso de incendio, habitualmente por concentrar grandes masas humanas.

Estos cambios han venido motivados debido a las investigaciones en torno a la mortalidad de los incendios, que la relacionan directamente con los materiales presentes en los espacios en los que se desencadena un fuego, y que por tanto han llevado a la hacer obligatoria la instalación de cables no propagadores de incendio en instalaciones industriales y de alta concurrencia.

En el caso de una conflagración real, todos los cables arden de un modo u otro. Con las pruebas de llama o fuego se busca garantizar (con una instalación adecuada) que la vida de las personas no esté directamente amenazada por los efectos del fuego sobre un cable.

El cable, por su propia naturaleza longitudinal, puede ser uno de los principales vectores de propagación del fuego. Prácticamente todas las construcciones están atravesadas por cables colocados en grupos, formando vectores verticales u horizontales de propagación.

Cada vez que un cable es instalado en un ducto o bandeja porta cable, se deben considerar las condiciones de propagación y el circuito que energiza para garantizar la seguridad de la instalación en caso de presentarse una llama, fuego o incendio.

Los efectos del fuego al alcanzar cables instalados en lugares donde no son aptos por su diseño pueden generar consecuencias catastróficas.

2. Comportamiento de los cables frente al fuego

Los cables son estructuras complejas formadas generalmente por:

- ❑ Conductores (habitualmente en cobre o aluminio) en configuración sólida (un solo alambre conductor) o cableada (varios alambres según la flexibilidad requerida)
- ❑ Aislamientos eléctricos y cubiertas externas (chaquetas) que brindan la protección mecánica.

Nota: ver el boletín técnico 120 y 121 para conocer más sobre los cables y las partes que lo componen.



Figura 1. Cables sometidos a llamas

En la figura 1 se puede apreciar cables en un recinto incendiado.

Las características del comportamiento de un cable frente al fuego pueden analizarse a través de los componentes individuales utilizados; no obstante, se hace necesario realizar ensayos sobre el cable completo para evaluar de forma asertiva el comportamiento real de este bajo condición de fuego.

En ingeniería no basta con que el cable no se queme. Se evalúan cuatro comportamientos distintos:

- ☐ Propagación de la llama
- ☐ Resistencia al fuego (integridad del circuito)
- ☐ Emisión de humos
- ☐ Toxicidad y corrosividad de gases

Un cable puede cumplir con uno de estos comportamientos, pero no con los demás

3. Clasificaciones principales

En la tabla 1 a continuación veremos los tipos de cables y cual es su desempeño frente a las llamas:

TABLA 1	
Tipo	Desempeño
Flame Retardant (FR)	No propaga la llama
Fire Resistant (FRR)	Sigue funcionando durante el fuego
LSZH / LSOH	Bajo humo y sin halógenos
Fire Survival	Mantiene servicio + baja toxicidad

3.1 Cables retardantes a la llama (FR)

La función de este tipo de cable es la de evitar que el fuego se propague a lo largo del cable

Características:

- ☐ Se autoextinguen al retirar la llama
- ☐ El cable se daña, pero no propaga incendio

Normas típicas:

- ☐ IEC 60332-1 → Cable individual
- ☐ IEC 60332-3 → Cables en haz
- ☐ UL VW-1
- ☐ FT-4 / FT-1

Tenga presente que este tipo de cable no garantiza la continuidad eléctrica

3.2 cables resistentes al fuego (fire resistant)

La función de este tipo de cable es la de mantener la integridad del circuito durante un incendio.

Características:

- ☐ Conductor sigue energizado
- ☐ Aislamiento especial (mica, cerámica)
- ☐ Uso en servicios esenciales

Tiempo típico:

- ☐ 30 min
- ☐ 60 min
- ☐ 90 min
- ☐ 120 min

Normas:

- ☐ IEC 60331
- ☐ BS 6387
- ☐ EN 50200
- ☐ NFPA 130

Una desventaja que presenta este tipo de cables es que son mucho más costosos

3.3. Cables LSZH y LSOH.

Los cables de este tipo están definidos por sus siglas del inglés cuyo significado es:

- ☐ LSZH es low smoke zero halogen
- ☐ LSOH es low smoke halogen free

Ventajas:

- ☐ Muy poco humo
- ☐ Gases no corrosivos
- ☐ Menor toxicidad

Uso típico:

- data centers
- túneles
- hospitales
- aeropuertos

Tenga siempre presente que no implica resistencia al fuego, solo comportamiento ambiental.

4. Cables de alta seguridad contra incendios

Son cables especialmente diseñados para garantizar seguridad de personas, continuidad del servicio y protección de activos durante un incendio. No solo “no se queman”, sino que también:

- ☐ No propagan el fuego
- ☐ Generan mínimo humo
- ☐ No emiten gases tóxicos o corrosivos
- ☐ Mantienen la integridad eléctrica durante el incendio

Las funciones principales de este tipo de cables son:

- ☐ Permitir evacuación segura
- ☐ Mantener servicios críticos operativos
- ☐ Reducir daños a equipos electrónicos
- ☐ Cumplir normativas de seguridad humana

Los cables no propagadores de incendio son, en realidad, una de las tipologías incluidas en los cables de alta seguridad diseñados para ofrecer una resistencia concreta en caso de incendio. En

total, encontramos 2 tipos de cables no propagadores de incendios:

- ☐ Cables no propagadores de incendio (AS): Se caracterizan por no extender el fuego en la instalación de la que forman parte, pues cuando la llama que les afecta se retira o apaga, no mantienen la combustión, por lo que no propagan el incendio.
- ☐ Cables resistentes al fuego (AS+): En este caso, además de la no propagación, estos cables son capaces de seguir funcionando de manera prolongada por espacio de hasta 90 minutos durante un incendio, a pesar de la desintegración de algunos de sus componentes.

En la tabla 2 tenemos las características técnicas claves referidas a las normas que lo regulan.

TABLA 2	
Característica	Requisito
No propagación de llama	IEC 60332-1 / 60332-3
Integridad del circuito	IEC 60331 / EN 50200
Bajo humo	IEC 61034
Libre de halógenos	IEC 60754
Estabilidad mecánica	EN 50200 PH
Resistencia térmica	750–1000 °C

Ahora que conocemos los distintos tipos de cables de alta seguridad, podemos centrarnos en los cables no propagadores de incendios y entender cuáles son, exponiendo sus diferencias con los cables convencionales.

Todos los cables pueden estar instalados en lugares muy diversos, que, en caso de producirse un foco de incendio, las consecuencias de este afectarían a personas, animales y/o equipos.

Las instalaciones con las agrupaciones de cables, ayudados por la forma de instalar los mismos, pueden ser potenciales propagadores del fuego.

Tenga en cuenta que, en la producción de cables eléctricos, intervienen materiales de origen orgánico que por su naturaleza son excelentes combustibles, como es de conocimiento general en toda combustión hay productos volátiles, en forma de gases, que son más nocivos y peligrosos que el mismo incendio, los cuales son los verdaderos causantes de pérdidas de vidas.

Son conocidos como cables ignífugos, no dando a entender con ello que no se queman, ya que en determinadas condiciones así sucede.

El término ignífugo es un vocablo que es ambiguo y sólo se utiliza para calificar algo que limite su tendencia natural a ser combustible.

5. Diferencias entre cables convencionales y no propagadores de incendios

Las distinciones principales que podemos encontrar entre cable convencionales y cables no propagadores de incendio son tres, que exponemos a continuación:

- **Distinta combustión de los cables no propagadores de incendio.** Los cables no propagadores de incendio limitan la posibilidad de propagación de un incendio debido a que, como hemos expuesto anteriormente, poseen una menor capacidad de combustión que los cables tradicionales.
- **Emisión de gases de los cables de alta seguridad.** Mientras cables convencionales generan una cantidad significativa de humo con alto contenido en gases tóxicos como el monóxido y dióxido de carbono, los cables no propagadores de incendio producen una cantidad mínima de estos gases nocivos, principal factor de mortalidad en caso de incendio.

- **Características del humo en cables no propagadores de incendio.** Frente al humo opaco y oscuro que desprenden los cables convencionales en un incendio, el humo producido por los cables de alta seguridad es prácticamente transparente, facilitando la evacuación y acceso a sistemas contra incendios del edificio por el personal pertinente.

En la tabla 3 hemos presentado un resumen de las diferencias claves con cables convencionales.

TABLA 3		
Propiedad	Convencional	Alta Seguridad
Propaga incendio	No	No
Emisión de humo	Alta	Muy baja
Gases tóxicos	Sí	No
Sigue operando	No	Si
Uso en evacuación	No	Si

Un cable no propagador del incendio es aquel que, al ser sometido a condiciones controladas que reproducen un escenario de incendio dentro de un horno de ensayo normalizado, no libera gases ni productos volátiles inflamables en proporciones capaces de originar o sostener focos secundarios de ignición.

Esta característica limita la extensión del fuego más allá del punto inicial de combustión y contribuye a la contención del siniestro.

En la actualidad, existen dos métodos de ensayo reconocidos para la verificación del comportamiento de los cables frente a la propagación del incendio, los cuales presentan diferencias tanto en su procedimiento como en su

campo de aplicación, dependiendo del nivel de exigencia normativa requerido. No obstante, las comisiones técnicas de normalización tienden a la unificación de criterios, proyectándose la adopción de un único método de referencia, con preferencia por el establecido en la norma UNE 20432, Parte 3, debido a su mayor representatividad y rigor técnico.

En numerosas especificaciones técnicas y pliegos de suministro, se establece como requisito que los cables no propagadores del incendio dispongan únicamente de la cubierta exterior fabricado con material ignífugo.

Considerando que, en los cables de baja tensión, el cumplimiento del criterio de no propagación del incendio se alcanza mediante la ignifugación de los componentes constructivos relevantes, la incorporación de una cubierta exterior ignífuga resulta suficiente para clasificar al cable como no propagador del incendio, siempre que el diseño global del conjunto satisfaga los criterios del ensayo normalizado correspondiente.

6. Cables resistentes al fuego

Durante el desarrollo de un incendio, independientemente del tipo de edificación o instalación, los cables eléctricos convencionales suelen perder rápidamente su capacidad funcional, quedando inoperativos y fuera de servicio como consecuencia directa de la acción del calor, las llamas y los gases de combustión.

Sin embargo, determinados circuitos eléctricos considerados críticos deben garantizar la continuidad del suministro eléctrico incluso en condiciones extremas de incendio.

Estos cables están diseñados para mantener su integridad eléctrica y mecánica durante un período mínimo de tres (3) horas, sometidos a temperaturas del orden de 750 °C, permitiendo el funcionamiento continuo de sistemas esenciales, tales como:

- Sistemas de detección y alarma contra incendios
- Alumbrado de emergencia y señalización de evacuación
- Sistemas de seguridad, control y comunicación
- Equipos de extracción de humos y ventilación de emergencia

Norma de referencia:

UNE 20431 (en correspondencia con IEC 331).

Denominación comercial:

Cables “Resistentes al Fuego”.

7. Cables sin halógenos (ZH – Zero Halogen)

Los materiales tradicionalmente empleados en aislamientos y cubiertas de cables eléctricos suelen contener compuestos halogenados que, al entrar en combustión durante un incendio, generan gases tóxicos, corrosivos y opacos, los cuales representan un grave riesgo tanto para las personas como para los equipos e infraestructuras.

Con el objetivo de mitigar estos riesgos, se han desarrollado formulaciones especiales de materiales libres de halógenos, que conservan la característica de no propagación del incendio y, adicionalmente, limitan de forma significativa la emisión de gases peligrosos. Los gases liberados en caso de combustión presentan baja toxicidad, mínima corrosividad y reducida densidad de humos, favoreciendo las labores de evacuación y reduciendo los daños a equipos eléctricos y electrónicos.

Norma y método de referencia:

UNE 21147 – Parte 1 (en correspondencia con IEC 754-1). Determinación de la cantidad de ácido halógeno desprendido durante la combustión.

Corrosividad:

Evaluada conforme al método establecido en IEC 754-2, que determina el grado de agresividad química de los gases generados.

8. Métodos de ensayo

8.1 No propagación del incendio

La verificación de la no propagación del incendio en cables eléctricos se realiza mediante ensayos normalizados que reproducen condiciones representativas de un incendio real, evaluando el comportamiento del cable frente a la acción directa de la llama y su capacidad para no contribuir al desarrollo ni a la propagación del fuego.

El método de ensayo de referencia es el establecido en la Norma UNE-21432, Parte 3, correspondiente a cables dispuestos en capas (ensayo en haz). Este método está diseñado para evaluar el comportamiento del cable cuando se encuentra instalado en conjunto con otros cables, tal como ocurre en bandejas portacables, canalizaciones verticales o agrupamientos en instalaciones reales.

Durante el ensayo, los cables se disponen en capas verticales y se someten a la acción de una fuente de ignición controlada durante un tiempo determinado. Se evalúa principalmente:

- ☐ La extensión de la propagación de la llama a lo largo del haz de cables.
- ☐ La capacidad del material aislante y de la cubierta para autoextinguirse.
- ☐ La ausencia de goteo de material inflamado que pueda generar focos secundarios de incendio.

8.2 Categorías de ensayo

Dependiendo del nivel de exigencia requerido, el ensayo se clasifica en categorías A, B o C, las cuales se diferencian fundamentalmente por el volumen total de material combustible sometido a

prueba, lo que incrementa progresivamente la severidad del ensayo:

☐ **Categoría A:**

Corresponde al nivel más exigente, con el mayor volumen de cables ensayados, destinado a instalaciones críticas donde la concentración de cables es elevada y el riesgo de propagación del incendio es significativo.

☐ **Categoría B:**

Nivel intermedio de exigencia, aplicable a instalaciones industriales y comerciales con agrupamientos relevantes de cables.

☐ **Categoría C:**

Nivel básico del ensayo en haz, adecuado para instalaciones con menor densidad de cables y menores requerimientos de seguridad frente al fuego.

El cumplimiento satisfactorio de cualquiera de estas categorías certifica que el cable ensayado no propaga el incendio, garantizando que, aun bajo condiciones severas de exposición a la llama, no actúa como elemento de transmisión del fuego a lo largo de la instalación.

8.3 Organismos y normas que regulan las pruebas de fuego en EE. UU.

En Estados Unidos, las pruebas de fuego para cables no dependen de una sola normativa, sino de múltiples estándares y organizaciones.

A continuación, algunas de las organizaciones más importantes:

- ☐ UL (Underwriters Laboratories) – Desarrolla estándares de ensayo usados para certificación y listados de productos.
- ☐ NFPA (National Fire Protection Association) – Escribe códigos ampliamente adoptados (como el NEC

NFPA 70) y métodos de prueba como NFPA 262.

- ❑ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Tiene normas específicas para pruebas de llamas en cables como la IEEE 1202.
- ❑ ASTM International – Publica métodos de ensayo para evaluar diversas propiedades frente al fuego de materiales eléctricos.

8.4 Tipos de pruebas de fuego para cables en EE. UU.

A. Ensayos de propagación de la llama y humo

Estos ensayos miden qué tan rápidamente el fuego se propaga a lo largo del cable y cuánta cantidad de humo produce:

- ❑ NFPA 262 – Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces
 - Se usa sobre todo para cables que se instalan en espacios por donde circula aire (como falsos techos y plenum).
 - El cable se coloca en un túnel de prueba tipo Steiner y se mide la propagación de la llama y la densidad del humo.
- ❑ UL 1685 y UL 1666
 - UL 1685 mide la propagación de fuego en cables en bandejas verticales (tray fire test).
 - UL 1666 es similar pero enfocado a cables instalados verticalmente en huecos de edificio (riser).
- ❑ IEEE 1202 – Flame Testing of Cables for Use in Cable Tray
 - Estándar para evaluar la tendencia de los cables a propagar la llama en bandejas. Se

emplea típicamente en ocupaciones industriales o comerciales.

En la figura 2 se puede apreciar la prueba de propagación de llama con el equipo para tal fin. En la figura se aplica una llama estándar a un único cable para ver cómo reacciona el material

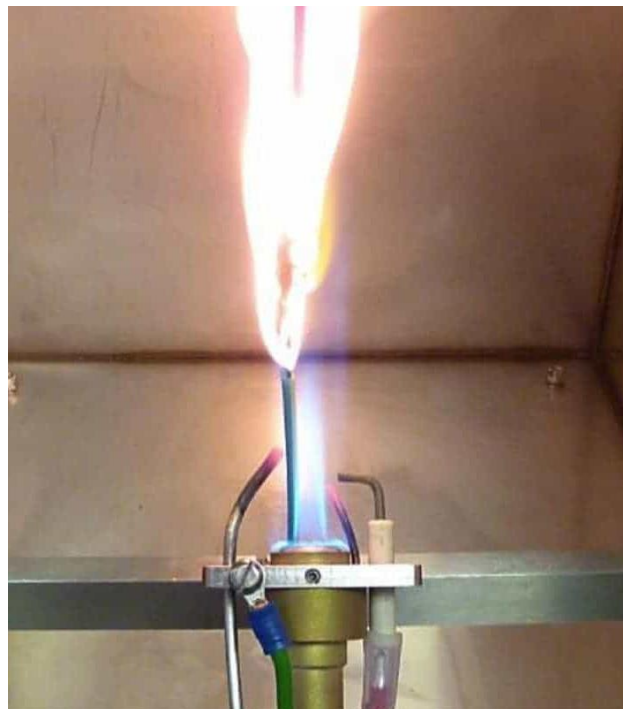


Figura 2. Prueba de propagación de llama

B. Ensayos de integridad de circuito (resistencia al fuego)

Estas pruebas evalúan si el cable sigue funcionando eléctricamente durante un incendio:

- ❑ UL 2196 – Fire Test for Circuit Integrity of Fire-Resistive Cables
 - Se somete a los cables (energizados con voltaje real) a un fuego estándar (según curvas de temperatura de UL 263 / ASTM E119) para determinar si mantienen el circuito sin fallas durante la exposición al fuego.

- Tras el fuego, también se somete a un choque con chorro de agua (hose stream test) para simular las condiciones reales durante una extinción de incendio.

En la figura 3 se puede apreciar la prueba de resistencia a la llama con el equipo para tal fin. En la figura se aplica una llama estándar a varios cables para ver cómo reacciona el material



Figura 3. Prueba resistencia a la llama

C. Ensayos complementarios o auxiliares

Además de pruebas principales de fuego, pueden realizarse:

- ❑ Ensayos con calor y humo (bajo herramientas como calorimetría o cámaras de humo) para analizar parámetros como:

- Tiempo de ignición
- Tasa de liberación de calor
- Intensidad y opacidad del humo

(típico en procesos de I+D pero también como apoyo para certificaciones).

8.5 Cómo se realizan estas pruebas (en términos generales)

Aunque cada estándar tiene procedimientos específicos, hay pasos comunes:

- ❑ **Preparación de la muestra**

Se selecciona una longitud definida de cable o un conjunto de cables (según el estándar) y se instala en un equipo de ensayo, ya sea horizontal como en NFPA 262 o vertical como en UL 1666 o IEEE 1202.

- ❑ **Aplicación de fuego controlado**

Se expone el cable a una fuente de calor con potencia y tiempo definidos (por ejemplo, calor aplicado por un quemador o cámara tipo Steiner).

Se mide la propagación de llama, liberación de calor, producciones de humo y otros parámetros según el método.

- ❑ **Evaluación de continuidad eléctrica (en ciertos ensayos)**

Para normas como UL 2196, los cables se mantienen energizados. El ensayo determina si retienen la continuidad de la señal o la energía eléctrica durante todo el fuego.

- ❑ **Otros ensayos secundarios**

En pruebas más avanzadas, los cables pueden someterse a choque mecánico, rociado de agua o todos estos factores combinados para

simular condiciones reales de incendio y extinción.

8.6. ¿Para qué sirven estas pruebas?

Estas pruebas permiten:

- ☐ Clasificar cables según riesgo de incendio y uso seguro en edificios y estructuras.
- ☐ Asegurar que cables críticos (alarmas, control, energía de emergencia) conserven funcionalidad eléctrica durante incendios.
- ☐ Cumplir con los códigos de construcción adoptados por las autoridades (NFPA, NEC).

8.7 Códigos y requisitos legales en EE. UU.

Aunque los estándares UL o IEEE en sí no son leyes, muchos códigos de construcción los referencian:

- ☐ El NEC (NFPA 70), adoptado en la mayoría de los estados, requiere cumplir ciertos requisitos de cableado y clasificación en relación al fuego.
- ☐ Códigos de incendios como el International Fire Code (IFC) o normas NFPA aplican estos métodos de ensayo como referencia para cumplir con la seguridad.

En el próximo boletín continuaremos desarrollando el tema del desempeño de los cables en instalaciones eléctricas que pueden estar sometidas a fuego.