

Detectores de incendio

Alberto Mattenet

Bosch Sistemas de Seguridad
Managing Director



Los detectores de incendio están diseñados para detectar el fuego desde su fase inicial con un alto grado de confiabilidad. En la actualidad, los mismos están siendo utilizados en las más diversas aplicaciones debido, especialmente, al gran número de detectores en un medioambiente crítico. Así, es posible que, ocasionalmente, se produzcan señales engañosas equivalentes a las de un incendio. Veremos entonces paso a paso como se pueden solucionar estos problemas gracias a las nuevas tecnologías disponibles.

El área de aplicación para los detectores de incendio es absolutamente diversa, extendiéndose desde oficinas hasta depósitos y zonas industriales con la consiguiente polución del aire causada por distintos factores tales como los que se presentan en los procesos de producción.

Como regla general, el criterio para detectar un incendio es la medida del humo generado por el fuego. Simplemente se asume que si no hay fuego la densidad de la dispersión alcanzada en el ambiente no equivaldrá a la existente en caso de incendio. Sin embargo, en la práctica, dependiendo del campo de utilización de los sensores y del tipo de material combustible, existe un amplio espectro de tipos de incendio, desde fuego ardiendo progresiva y lentamente hasta líquidos que arden y se propagan rápidamente, los humos generados difieren en densidad, color y presentan curvas de tiempo muy diferentes. Un detector optimizado debe funcionar con eficiencia bajo todas estas distintas condiciones.

Debido a su modo de funcionamiento, los detectores de humo ópticos brindan mejores resultados con ciertos tipos de humo. Los estándares de prueba internacionales tienen en cuenta esto cuando requieren que los mismos sean sometidos a pruebas con distintos tipos de fuegos a fin de garantizar que un detector certificado brindará una detección segura, a tiempo y dentro del límite de sensibilidad.

El uso de detectores de incendio se encuentra comprometido cuando las condiciones físicas normalmente presentes en el medioambiente tienen una gran similitud con las que se presentan en un incendio.

A modo de ejemplo, el polvo, el vapor o los aerosoles que son transportados por diferentes medios a través del aire hasta el interior de las cámaras de medición del detector de humo pueden producir una señal similar a la del humo en un incendio. Dichas señales son las llamadas señales engañosas o falsas.

Evaluación de la incidencia de falsas alarmas

En la actualidad, los detectores de incendio son utilizados en diversas aplicaciones, de una forma discreta y confiable, cumpliendo con el propósito de proteger contra incendios.

Si bien cabe la posibilidad de que se produzcan señales engañosas, equivalentes a las de un incendio, se debe tener en cuenta que la probabilidad de que éste exista es real. En ambos casos, resultarán en las consecuentes operaciones de rescate. De esta forma, la atención del usuario de un detector de incendio y la acción de los bomberos se centra exclusivamente en la alarma. Por esta razón, la incidencia de las falsas alarmas, a pesar de su bajo índice en relación al número de detectores de incendio instalados, se convierte en un parámetro crítico para la detección.

La Figura 1 muestra esquemáticamente la frecuencia de señales falsas, así como también aquellas disparadas por la detección de un verdadero incendio.

El detector dispara una alarma una vez que el nivel de la señal ha excedido un cierto valor. El mínimo fijado para dicho valor de disparo permite al detector identificar y actuar ante los fuegos de prueba (TF_x) de acuerdo a los estándares aplicables. Basado en la naturaleza estadística de las señales falsas, aún queda una probabilidad residual de que una señal de este tipo ocasione una alarma. La curva en este cuadro solo se muestra en forma es-

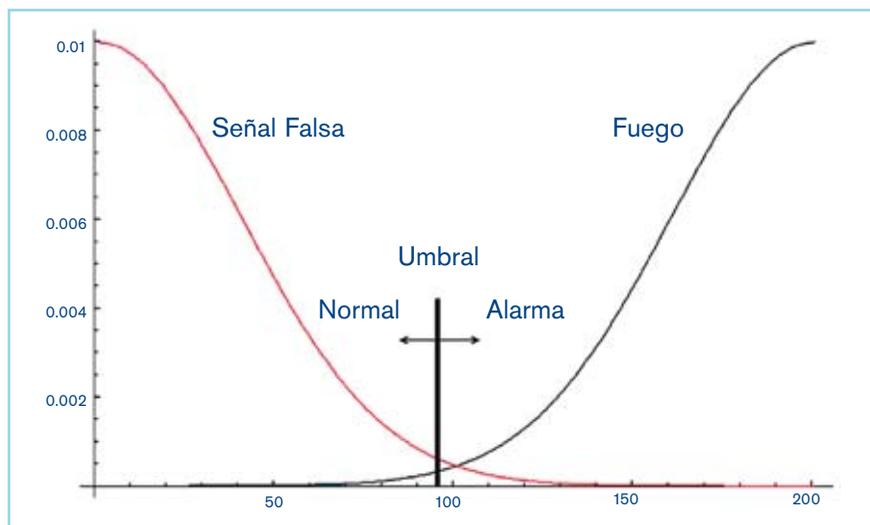


Figura 1: Esquema de distribución de las señales falsas en relación a la detección de incendio

Continúa en página 84

Viene de página 80

quemática. En la realidad, esta curva baja más suavemente, aunque queda siempre una zona de superposición y, consecuentemente, la posibilidad de una falsa alarma.

Con el fin de reducir estas falsas alarmas, se puede implementar una medida no técnica que sería limitar drásticamente el número de detectores en ambientes críticos y utilizar otros medios de detección de incendio que pueden ser menos efectivos o más costosos y menos propensos a errores en un ambiente crítico. Una medida más técnica sería por ejemplo una mayor complejidad en el procesamiento de la señal. En la actualidad este tipo de mejoras se encuentran disponibles y bien desarrolladas. Otra opción adicional sería evaluar la curva de tiempo del incendio, para identificar señales engañosas, que en general son muy rápidas o muy lentas comparadas con las de un incendio real.

Para todo esto es necesario diferenciar entre fuego ardiendo lentamente y fuego de rápido crecimiento. No obstante, aún quedará una probabilidad residual de falsos disparos debido al

metro característico para la detección de un incendio es el método utilizado con mayor frecuencia en la actualidad.

2. Calor

El calor y la temperatura generados también pueden ser utilizados para detectar un incendio. Para esto, cabe destacar que el aumento de calor y la temperatura respecto del ambiente debe variar significativamente.

El sensor de temperatura debe estar suficientemente cerca de la fuente de calor (*el incendio*) para asegurar la detección, siendo el área de vigilancia menor en comparación con los detectores de humo. Por ejemplo, el fuego que arde lentamente genera relativamente poco calor en la primera fase, lo cual restringe la aplicación de los sensores de temperatura.

3. Radiación calórica

Para medir la radiación calórica resulta imprescindible que el sensor utilizado tenga un campo de visión de la fuente potencial de incendio totalmente despejado. Estos detectores están equipados con tecnología sofisticada pero debido al requerimiento de campo de visión desobstruido se emplean solamente con propósitos específicos.

ble comprobar que la presencia de gases en muchas de las condiciones de vida típicas del hombre son similares a aquellas generadas por un incendio. A modo de ejemplo, la concentración de CO en una habitación llena de fumadores fácilmente alcanzará los valores de los fuegos de prueba (*TFx*).

Lo mismo ocurre en otros ambientes críticos como talleres mecánicos, garages o lugares donde se realizan soldaduras, que pueden presentar altas concentraciones de CO.

Cuando se analizan las concentraciones de CO generadas en varios fuegos de prueba (*TFx*) es posible notar que éstas dependen mucho del tipo de fuego.

El fuego que arde lentamente muestra una marcada concentración, mientras que el fuego libre muestra valores de CO que también pueden ser producidos por otras razones en un ambiente crítico.

Debido a los valores fluctuantes de CO en los distintos ambientes, no resulta recomendable el uso del sensor de gas como único elemento para la detección temprana de un incendio, a excepción de aquellas áreas donde la



Los humos generados difieren en densidad, color y presentan curvas de tiempo muy diferentes. Un detector optimizado debe funcionar con eficiencia en disímiles condiciones críticas.

comportamiento físico propiamente dicho y al hecho de que no puedan esperarse mayores mejoras en el funcionamiento de detectores basados en la operación de un solo sensor con los medios disponibles.

Veremos entonces paso a paso como se puede llegar a una solución óptima basada en las nuevas tecnologías disponibles.

Solución en base al uso de un detector con sensores múltiples

Para encontrar una solución al problema, se deben considerar los parámetros característicos de un incendio.

En un incendio, se generan la mayoría de los diferentes productos de combustión:

1. Humo (*dependiendo del material, partículas y aerosoles de distinta densidad y tamaño*)

La detección de humo como pará-

• Gases

Durante la combustión, los gases se forman como resultado de la transformación del material. La suma y el tipo de estos gases esencialmente dependen del material quemado y del tipo de incendio. En un incendio que arde lentamente, se produce un mayor volumen de monóxido de carbono, mientras que en incendios al aire libre será mayor la cantidad de dióxido de carbono. También se formarán óxidos de nitrógeno e hidrocarburos en pequeñas cantidades.

En la actualidad se dispone de sensores de gas a un precio razonable, los cuales brindan suficiente fiabilidad y vida útil con poco consumo de energía.

La detección de gases en el comienzo de un incendio es un paso primordial para reducir las falsas alarmas y extender de esta forma los límites de aplicación.

Si se analiza más a fondo, es posi-

producción de CO se encuentre estrictamente limitada.

Esto también es aplicable para otros gases generados en caso de un incendio.

Se debe evaluar entonces si los sensores de gas de un detector de incendio brindan algún beneficio adicional.

Para esto, será necesario valorar en forma balanceada todas las señales generadas por los sensores en un detector combinado.

Es importante que las señales del sensor muestren un comportamiento diferente ante una señal engañosa, a fin de obtener información adicional a través de un análisis conjunto de las tres señales. De esta manera, ante una nube de polvo, el sensor óptico enviará una señal de alarma falsa, mientras que el sensor de CO permanecerá en silencio. En otro caso, una señal de

Continúa en página 88

Viene de página 84

alarma enviada por el sensor de CO no representará una señal para el sensor óptico de humo.

A continuación, describiremos el funcionamiento de un detector de incendio con tres sensores de distintos modos de operación:

Un **sensor óptico** que reacciona por refracción de la luz ante la presencia de humo; un **sensor de calor** inmune al humo, la suciedad, etc. que sólo reacciona ante una variación de temperatura; y un **sensor para la detección de gas CO** como el generado en un incendio pero con la conocida reacción a señales falsas en ambientes críticos.

Veremos que si las tres señales que se generan en incendios reales serán claramente diferentes a aquellas generadas en ambientes críticos. Como regla, estas mediciones producen un gran número de valores abstractos que fluctuarán de una situación a otra, por simplicidad, se clasifican los niveles de señal por sectores y clases.

Se puede entonces ordenar los valores de todas las pruebas de forma simple sobre una matriz y usamos una clasificación por niveles muy elemental:

- **Señal nula:** ninguna señal perceptible que pudiera ser conectada al evento que se mide.

- **Señal débil:** una señal que puede ser conectada al evento pero la cual es demasiado débil para tomar una clara decisión con respecto al evento (incendio/ falsa alarma).

- **Señal moderada:** una señal que se encuentra cerca al umbral de disparo de un detector con un solo sensor, pero no lo alcanza totalmente (si dicha señal fuese engañosa, muy posiblemente un detector con un solo sensor generaría una falsa alarma).

- **Señal fuerte:** una señal excediendo el umbral de disparo.

- **Señal muy fuerte:** una señal que claramente excede el umbral de disparo.

Para ilustrar la reacción de los tres tipos de sensores ante los distintos fuegos de prueba (TFx) se confeccionó una tabla (Tabla 1) donde se ingresó gran cantidad de parámetros de ruido y se registraron los resultados de acuerdo a la definición anterior.

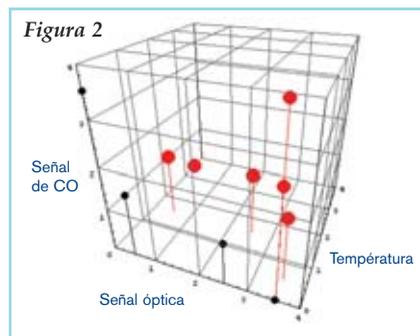
De esta manera, cada principio de los sensores puede ser evaluado. Por Ejemplo, un solo sensor óptico de humo es potencialmente propenso a dar falsas alarmas ante prácticamente cualquiera de los ambientes críticos listados. El uso recomendado de estos sensores de humo tiene esto en cuenta y se advierte respecto de su empleo bajo tales condiciones críticas.

Además, de la misma tabla se hace evidente que un solo sensor óptico de humo no detectará los fuegos de prueba ni TF1, ni TF6, algo que tampoco es requerido por los estándares.

Cuando se miran los valores de un sensor óptico y de calor combinados se puede ver que en todos los fuegos con una señal fuerte de humo también hay una señal débil de calor, y donde

hay una señal nula con respecto a la temperatura hay una señal muy fuerte de humo. La combinación con un sensor de calor adicional garantiza una mejora en la prevención de falsas alarmas con parámetros falsos que simulan una señal de humo moderada. La combinación de sensores de gas, humo y temperatura aparece como la recomendada para un ambiente que muy probablemente no tendrá ninguna emisión de CO, pero sí marcadas señales engañosas en el rango óptico, como es el caso del humo en discotecas.

Para mostrar la diferencia entre una señal verdadera y una falsa, los valores han sido graficados en un diagrama tridimensional (figura 2).



Los pequeños puntos negros representan la distribución de varios parámetros de ruido (señales engañosas) mientras que los grandes puntos rojos indican el valor del Triplet para los fuegos de prueba (TFx). La presentación gráfica de la combinación de las tres señales físicamente diferentes en el espacio demuestra la diferencia entre las señales verdaderas y aquellas de ruido.

Si insertamos en este cuadro tridimensional el límite de disparo imaginario de un sensor óptico de humo, trazaremos una línea que corte al eje O por el valor OD (*umbral de disparo*) correspondiente. Se puede reconocer que TF1 y TF6 están por debajo del umbral de disparo y que ciertas fuentes de ruido están por encima de dicho límite (figura 3).

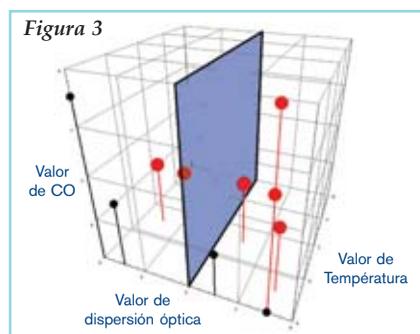


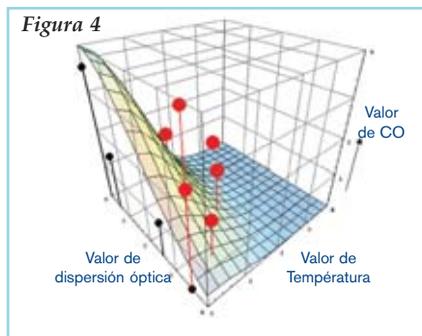
Tabla 1: Clasificación de señales

Evento	Señal óptica	Temperatura	Señal de CO
TF1	Débil	Moderada	Moderada
TF2	Muy fuerte	Nula	Fuerte
TF3	Muy fuerte	Nula	Muy fuerte
TF4	Fuerte	Débil	Moderada
TF5	Fuerte	Moderada	Moderada
TF6	Nula	Muy fuerte	Nula/débil
TF7	Muy fuerte	Débil	Moderada
Humo de disco	Muy fuerte	Nula	Nula
Sala de fumadores	Débil	Nula	Moderada
Soldadura autógena	Débil	Nula/débil	Moderada
Soldadura eléctrica	Fuerte	Nula	Débil
Garage	Débil	Nula	Muy fuerte
Sala diesel	Débil	Nula	Muy fuerte

Continúa en página 92

Viene de página 88

Cuando se emplea la aproximación ortogonal modelo, a la que se accede por medio del uso del principio de los tres sensores, es posible imaginar un umbral de disparo definido como una superficie alabeada ubicada entre los puntos negros y los rojos, permitiendo una mejor diferenciación entre alarmas reales y falsas. Dicha superficie está presentada esquemáticamente en la figura 4 y demuestra que todos los parámetros de ruido se encuentran por debajo de la superficie de límite de disparo, por lo que no causarán una falsa alarma, mientras que todas las señales de los fuegos de prueba están por encima de dicho límite y dispararían una alarma confiable. Sorprendentemente, se puede notar que todos los fuegos de prueba desde TF1 a TF6 pueden ser graficados en su posición espacial.



Este cuadro además indica que los parámetros de ruido que básicamente solo afectan al sensor óptico tienen un efecto marcadamente menor en el sistema conjunto.

Cabe destacar que todas las observaciones previas consideran la posición estática de las señales dentro del espacio tridimensional y hasta el momento no se ha considerado el comportamiento temporal de las señales en caso de un incendio con relación a las fuentes de ruido.

Análisis temporal de las señales

Como ejemplo práctico se presenta la forma en que un detector múltiple efectúa el procesamiento de señales en base a la evaluación simultánea de la distribución espacial de las señales y su comportamiento dinámico o temporal, aplicando el siguiente criterio antes de disparar una alarma:

- ¿la señal aumenta rápidamente?
- ¿la señal se mantiene constante?
- ¿la temperatura aumenta?
- ¿la concentración de CO aumenta?

Con el fin de entender el comporta-

miento dinámico, a continuación nos centraremos sólo en la señal óptica. Se debe tener en cuenta que en una situación real, se evalúa el comportamiento dinámico de los tres sensores.

En caso de incendio, se asume que la señal es continuamente creciente, mientras que una señal falsa aumenta rápidamente y, luego de un cierto tiempo, comienza a debilitarse.

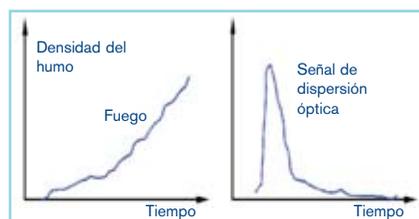


Figura 5: Curva de tiempo principal de un parámetro de incendio y un parámetro falso.

Evaluando el transcurso del tiempo es posible ajustar el límite de disparo de acuerdo al incremento de la señal.

De esta manera, si el incremento es típico de un incendio, la posición del límite de tolerancia se mantiene igual y el detector se dispara.

Un incremento rápido se considera como un parámetro falso, por lo que el límite de tolerancia sube momentáneamente. Los incrementos rápidos de señal se toman como ruido potencial y el límite de disparo óptico se modifica reduciendo la sensibilidad.

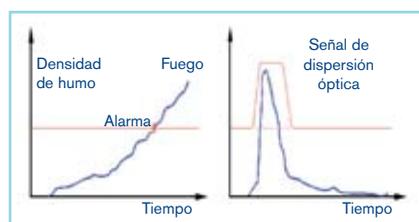


Figura 6: Comportamiento del sensor en diferentes cambios de señal

Antes de decidir si la superación del umbral de disparo óptico constituye un verdadero evento de alarma, se verifica si el nivel de la señal permanece constante. Esto permite una detección confiable del incendio, puesto que cada incremento de señal primeramente es considerado como causa de un parámetro falso de ruido.

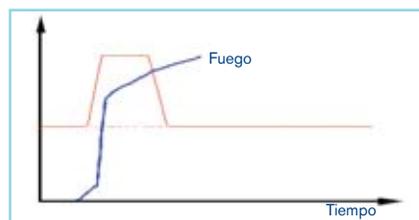


Figura 7: Relación principal durante un incendio de crecimiento rápido.

La extensión de esta presentación conduce a elaborar curvas de señal más complejas y a la combinación de las tres señales de los sensores, lo que permite una adaptación inteligente del umbral de disparo que se modifica adaptativamente según las condiciones ambientales.

Gracias a este método, los sensores combinados garantizan un funcionamiento estable frente todo tipo de parámetros de ruido.

El orden de magnitud absoluto de la tasa de falsas alarmas sólo puede ser determinado mediante el registro de estadísticas precisas y diferenciadas. Distintas brigadas e instituciones han intentado establecer dichos valores. El resultado, sin embargo, depende mucho de la cantidad de detectores empleados en el campo, el tipo, marca y modelo de sensores utilizado.

También es de importancia conocer el tipo de ambiente en el que fueron instalados y si la falsa alarma se debe específicamente al sensor o al sistema.

Basándose en la relación estadística entre la incidencia de la falsa alarma y la posición del umbral de disparo y la adaptación dinámica integrada, se puede asegurar que un detector combinado brinda una menor cantidad de falsas alarmas extremadamente baja y una tolerancia a las señales falsas no conocida en el mercado profesional.

Para comprobar esto, se ha evaluado el funcionamiento de detectores simples y detectores combinados que fueron sometidos a pruebas de largo plazo en ambientes críticos.

Las falsas alarmas disparadas regularmente demostraron que el detector de humo estándar no es apropiado para estos ambientes, mientras que las mismas condiciones fueron toleradas por los sensores combinados y las falsas alarmas fueron totalmente suprimidas.

No obstante, sólo puede presentarse evidencia cuantitativa mediante el monitoreo de un gran número de detectores operando bajo condiciones prácticas en una gran área de aplicaciones.

Conclusión

El uso de parámetros de distintas características claramente brinda una mejor diferenciación entre señales falsas e incendios reales. La combinación de los métodos de procesamiento de señales que toman en cuenta la curva típica y la variación en el tiempo de los parámetros representativos de los verdaderos incendios, además permiten la supresión exitosa de cualquier señal falsa.