

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020	SistemasDACs S.A. <i>Especialistas en Protección de Procesos</i>
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019	
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar	

SISTEMAS DE DETECCIÓN SEGURA DE LLAMA IRIS SYSTEMS S550B-P532

ARTÍCULO "TN-071" (agosto 2007)

por Ing. **Jorge M. Tirabasso**
FUNCTIONAL SAFETY EXPERT

Resumen

Se presentan a continuación las características más destacadas de los detectores de llama IRIS Serie 500 y su procesador de llama asociado: el IRIS P532.

Los sensores y procesadores de llama son los componentes fundamentales de una de las funciones de seguridad (SIF, Safety Instrumented Function) más importantes en la operación segura de un horno o caldera.

En la Introducción se resumen los conceptos básicos relacionados con los Safety Instrumented Systems y los Niveles SIL mostrándose la importancia de de la calidad y la capacidad de discriminación (fundamentalmente cuando estamos en presencia de múltiples quemadores) en la implementación de las mencionadas SIF, indicándose además las prestaciones que destacan a los productos IRIS frente a sus competidores en el mercado como líderes en confiabilidad y discriminación.

Luego de una breve reseña histórica, se describe el diseño y los fundamentos tecnológicos en los que se basa su operación y recomiendan su utilización en todos los casos en los que se requiera alta confiabilidad, principalmente en los "casos difíciles" como disposiciones de quemadores enfrentados o la utilización de H₂S en la industria de proceso de gas, calderas de recuperación de licor negro en la industria de pulpa y papel, quemadores de bajo NO_x en calderas de potencia, así como la utilización de combustibles alternativos (e.g. biomasa) y subproductos del proceso.

Introducción

Las estadísticas nos indican que la falta de llama en un horno o caldera es el evento más frecuente y también el más peligroso de todos los relacionados con las fallas de seguridad en estos sistemas.

La falta de llama, que se puede producir por exceso o deficiencia en la cantidad de aire primario, por deficiencias en el control regulatorio o fallas en el suministro de combustible, por ejemplo, combina los dos factores que conllevan un elevado riesgo: Alta probabilidad de aparición del evento y alta peligrosidad del mismo.

Un sistema instrumentado de seguridad (SIS, Safety Instrumented System) es una "barrera de contención" que debe actuar para que en caso de un evento peligroso, éste sea detectado a tiempo y contenido efectivamente para evitar las consecuencias que hubieran sido de esperar en el caso que el proceso se saliera de control.

Evidentemente, de un SIS se requieren dos cosas:

- Que discrimine con seguridad el evento peligroso y lleve el proceso a condición segura
- Que no detecte como peligrosa una situación que no lo es en realidad, con las consecuentes paradas inútiles del proceso.

En un SIS, cada evento peligroso está asociado a un Función de Seguridad SIF. Cada SIF se puede pensar como una cadena formada por tres eslabones:

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020	SistemasDACs S.A. <i>Especialistas en Protección de Procesos</i>
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019	
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar	

- Los transductores que detectan las variables del proceso para asegurarnos que están dentro de los valores adecuados.
- Algún tipo de evaluación lógica para determinar si las condiciones son tales que se requiera llevar el proceso a una condición segura.
- Los actuadores finales, que son los encargados de efectivizar la puesta a seguridad del proceso, por desenergización, desconexión, etc.

Dado que no todos los eventos peligrosos comportan el mismo riesgo, a cada SIF que forma parte de un SIS se le asocia un Factor de Reducción de Riesgo (RRF, Risk Reduction Factor) que como su nombre lo indica, hace que en el caso de la aparición de un peligro, la probabilidad de que éste no sea detectado o que falle el procedimiento para llevar el proceso a un estado seguro sea tan baja que pueda considerarse aceptable para los trabajadores, la compañía y la comunidad.

Cuanto más alto sea el riesgo, o sea el producto de la peligrosidad por la probabilidad de ocurrencia del evento, tanto más alto será el RRF requerido para su SIF asociada, de manera de llevar la probabilidad conjunta de no poder controlar el proceso bajo supervisión a un valor aceptable.

Por comodidad normativa, se han tomado bandas de valores de RRF y se las ha incluido en cuatro divisiones. Estos son los cuatro Niveles SIL con los que normalmente nos manejamos:

- El Nivel SIL1 corresponde a la banda de valores de RRF desde 1 a 10
- El Nivel SIL2 corresponde a la banda de valores de RRF desde 10 a 100
- El Nivel SIL3 corresponde a la banda de valores de RRF desde 100 a 1000
- El Nivel SIL4 corresponde a valores de RRF mayor a 1000. Este rango de RRF solo se aplica en casos especiales tales como seguridad en instalaciones nucleares.

La obtención de RRF correspondientes a Niveles SIL2 y superiores requiere de alta capacidad de diagnóstico de toda la cadena que forma la SIF y bajas tasas de falla, lo que por lo general se obtiene incorporando redundancia (duplicación o triplicación de componentes) y diversidad (utilización de tecnologías diferentes en los elementos redundantes).

Finalmente, debemos notar que no solo es necesario conocer el valor de la tasa de fallas de un determinado componente, sino también la denominada tasa de fallas peligrosas (FRD, Fail Rate Dangerous). Esto es, simplemente, el valor que nos indica la probabilidad que un componente falle de manera que comprometa la seguridad del sistema. En el caso específico de un monitor de llama, sería la probabilidad de que no existiendo llama el sensor indique su presencia. Sin conocer este valor, deberá considerarse que todas las fallas son peligrosas.

¿Cómo manejamos todos estos conceptos en la selección de los componentes de una SIF, particularmente en el caso de la SIF correspondiente al monitoreo de llama?

Para reponder a esta pregunta, empecemos por tener presente el elevado riesgo asociado a la pérdida de llama en un horno o caldera. Este elevado riesgo, que como dijimos es el resultado de la elevada probabilidad de la aparición del evento y la alta peligrosidad del mismo, requiere de un factor de reducción de riesgo elevado. Sin entrar en detalles acerca del cálculo de las probabilidad del evento y las posibles pérdidas humanas y materiales relacionadas con la pérdida de llama, que dependerán de muchas y muy diversas variables, tales como el tipo de proceso, la presencia no o de trabajadores en las cercanías, etc., y solamente tomando como base la práctica normal, sabemos que el nivel recomendado para esta SIF es SIL3.

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020	SistemasDACs S.A. <i>Especialistas en Protección de Procesos</i>
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019	
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar	

Por esta razón, es indispensable cada eslabón de la cadena de elementos que nos protegen a nosotros y a la instalación ante la falta de llama sea capaz de responder a este elevado nivel de exigencia.

Al utilizar un monitor de llama IRIS 500 tenemos un perfecto primer eslabón constituyente de la SIF. El diseño Fail-Safe de los cabezales detectores con tecnología de sensado en redundancia y diversidad los hace por un lado seguros para su aplicación hasta en las situaciones más difíciles, pero además permite discriminar con facilidad el apagado de la llama de un solo quemador aún en disposiciones con quemadores enfrentados.

Las características más importantes de los detectores IRIS de la serie 500 se resumen a continuación:

- Sensado en amplia banda de longitudes de onda: desde el Ultravioleta (UV) al Infrarrojo (IR).
- Ganancia independientemente ajustable en UV e IR.
- Diseño Fail-Safe en UV e IR.
- Autodiagnóstico, tanto para el cabezal sensor como para el procesador de señal una vez por segundo.
- Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF): 8 años para el canal UV y 15 años para el canal IR.
- Probabilidad de Falla Peligrosa (FRD): Entre una cada 5000 y una cada 10000 años.
- Filtro pasabajos de frecuencia ajustable para optimizar la discriminación.
- Approvals: FM, CSA and NRTL/C.
- Utilizable en zonas clasificadas: Class I, Div 2, Grupos B, C, D.

Nótese el valor de probabilidad de falla peligrosa. A diferencia de otros detectores, los IRIS 500 utilizan el canal UV de manera lineal, lo que y además permitir mayor flexibilidad y sofisticación en los algoritmos de determinación de presencia de llama, evita por completo la falla peligrosa asociada al canal UV de otros detectores.

Historia de la serie IRIS 500

El monitoreo de llama en hornos y calderas industriales y de generación es un procedimiento común y efectivo desde hace mucho tiempo en lo que respecta a llamas de gas y petróleo. Sin embargo, el uso de carbón pulverizado y el requerimiento de quemar combustibles alternativos ha creado un nuevo conjunto de problemas. Esto ha sido particularmente cierto en las industrias de proceso en las que debe quemarse una gran variedad de combustibles que son subproductos del mismo proceso. La introducción de quemadores de bajo NOx ha creado también nuevos problemas a los métodos tradicionales de detección de llama.

Hacia fines de la década de 1970, no existían detectores ópticos de llama que pudieran detectar confiablemente llamas de carbón pulverizado. Los detectores basados en tubos sensibles a la radiación UV no eran adecuados debido a que solo son sensibles a radiación de muy corta longitud de onda, que es absorbida con facilidad por el combustible sin quemar o enmascarada por la emisión debida a impurezas presentes en el carbón pulverizado. Los detectores basados en fotodiodos de silicio sensibles al espectro visible que usaban el principio de detección de flicker resultaron un poco mas efectivos, pero no resultaban confiables, particularmente cuando operaban en condiciones de arranque o bajo fuego.

La serie de detectores IRIS 500 fue diseñada en 1979 para cumplir con los requerimientos de los quemadores de carbón pulverizado. En esa época, en Alemania existían regulaciones que impedían el uso de carbón pulverizado como combustible único, es decir sin el apoyo de un combustible auxiliar, tal como gas o fuel, a menos que se demostrara que el sistema de detección de llama utilizado fuera suficientemente eficaz. Los primeros modelos de la serie IRIS 500 fueron

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020	SistemasDACs S.A. <i>Especialistas en Protección de Procesos</i>
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019	
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar	

probados en calderas alimentadas solamente con carbón pulverizado en Alemania, y el éxito obtenido alentó su utilización en todas las aplicaciones en las que los detectores de llama de aquella época se habían mostrado deficientes. Esto incluye utilización de H₂S en la industria de proceso de gas, calderas de recuperación de licor negro en la industria de pulpa y papel, quemadores de bajo NO_x en calderas de potencia, así como la utilización de combustibles alternativos (e.g. Biomasa) y subproductos del proceso.

Radiación de la Llama.

Todas las llamas emiten radiación electromagnética. El rango de radiación visible abarca desde 350 nm hasta 800 nm. La radiación de longitud de onda mayor a 800 nm se considera infrarroja (IR) y la de longitud de onda menor a 350 nm se considera ultravioleta (UV). Con algunos combustibles, tales como el carbón y el petróleo, la radiación es visible; con otros combustibles, tales como el gas natural, la radiación no es visible, o es apenas luminiscente.

La figura 1 muestra la distribución espectral de la radiación emitida por el gas natural y por el petróleo, además de la radiación teórica emitida por un cuerpo negro a una temperatura de 1650°C, que representa aproximadamente la emisión del hogar incandescente durante la operación de la caldera. Puede notarse que ambos combustibles emiten radiación UV.

Nótese que la intensidad de radiación de la llama de gas es baja en el espectro visible y posee un pico en la región de los 300 nm. Este pico corresponde a la emisión de fotones cuando el oxígeno se

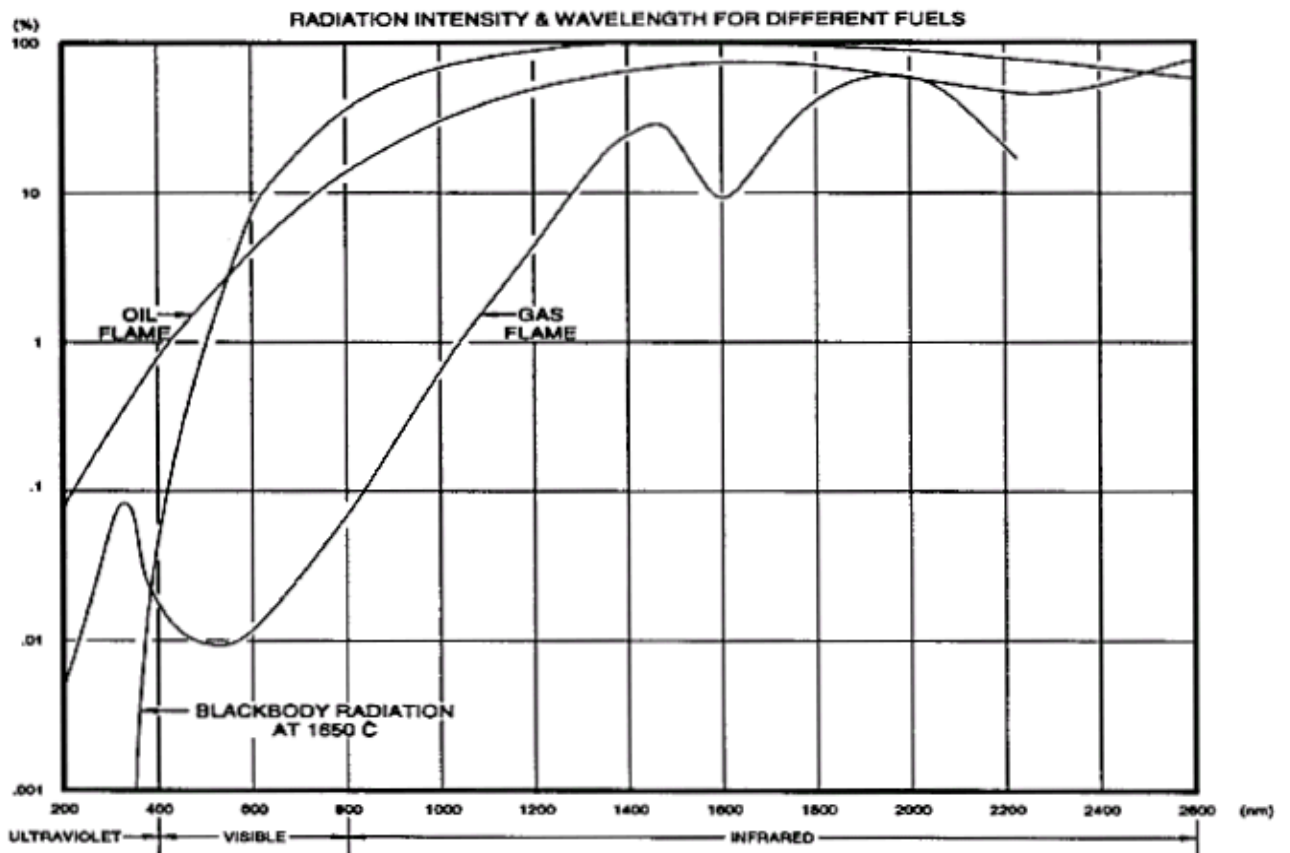


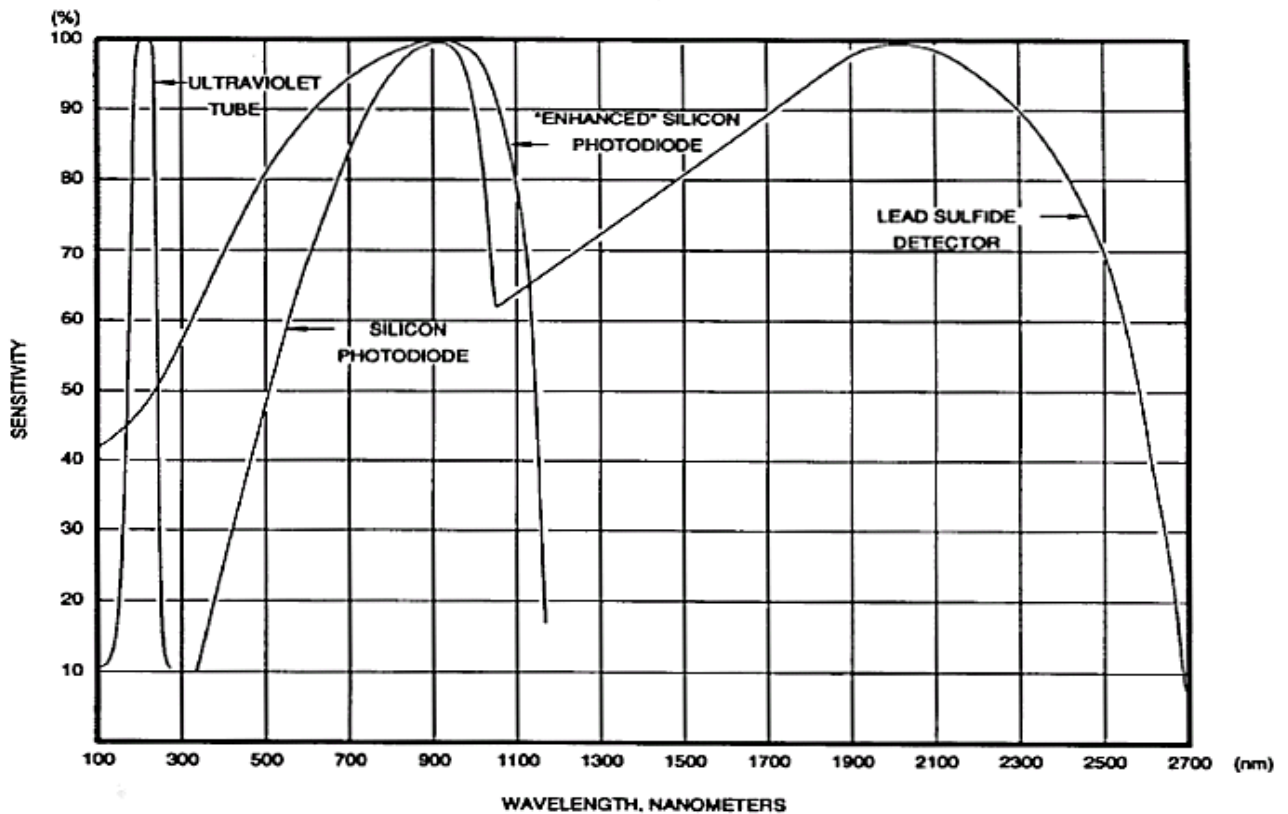
Fig. 1

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar

combina con los hidrocarburos del combustible, por lo que el origen de la radiación en esta banda es fundamentalmente diferente al origen térmico de la radiación emitida en la región IR. En rigor, el mismo tipo de emisión aparece en la llama de petróleo, pero en este caso se ve enmascarada por la emisión de energía radiante. La radiación de los combustibles a estas cortas longitudes de onda resulta ser muy adecuada para la detección de llama usando tubos sensibles al UV, y es el motivo por el cual muchos de los detectores presentes en el mercado son de un modo u otro sensibles a la emisión UV.

Respuesta Espectral de los Detectores.

La figura 2 muestra la respuesta espectral de diferentes tipos de fotodetectores. Nótese que la respuesta del tubo sensible a UV es muy selectiva, por lo que resulta ideal para discriminar entre una llama verdadera y el interior del hogar que emite radiación visible e infrarroja debido a su alta temperatura.



Debe mencionarse que el tubo sensible a UV es un dispositivo inherentemente pulsante, pero a diferencia de otros detectores de llama, los detectores IRIS utilizan su canal UV de manera lineal. Con esto queremos indicar que la señal generada por el detector IRIS es un tren de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la intensidad de la radiación UV presente. La posibilidad de tener una medición proporcional a la intensidad de la radiación hace que se pueda determinar con mayor confiabilidad la presencia de la llama y simultáneamente facilitar el autodiagnóstico del detector completo, ya que se evita completamente el modo de falla más común en otros sensores de UV: **la falla peligrosa** que consiste en que el sensor indica llama cuando en realidad no la hay. Por otra parte, los sensores de estado sólido, tales como el fotodiodo de silicio, generan una señal que es proporcional al brillo de la llama en la banda de frecuencias a la que son sensibles.

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020	SistemasDACs S.A. <i>Especialistas en Protección de Procesos</i>
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019	
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar	

Parpadeo de la Llama.

Es bien conocido el hecho que todas las llamas parpadean además de emitir una radiación continua. Este parpadeo o pulsación de la llama se origina en la turbulencia de la llama que es el resultado de la inyección de aire forzado en el quemador. Esto puede comprobarse fácilmente inyectando una corriente de aire en la llama de una vela. Normalmente, una llama de este tipo, sin aire forzado, no presenta parpadeo. Al soplar una pequeña cantidad de aire en la llama, ésta comienza a emitir un parpadeo de alta frecuencia perfectamente notable.

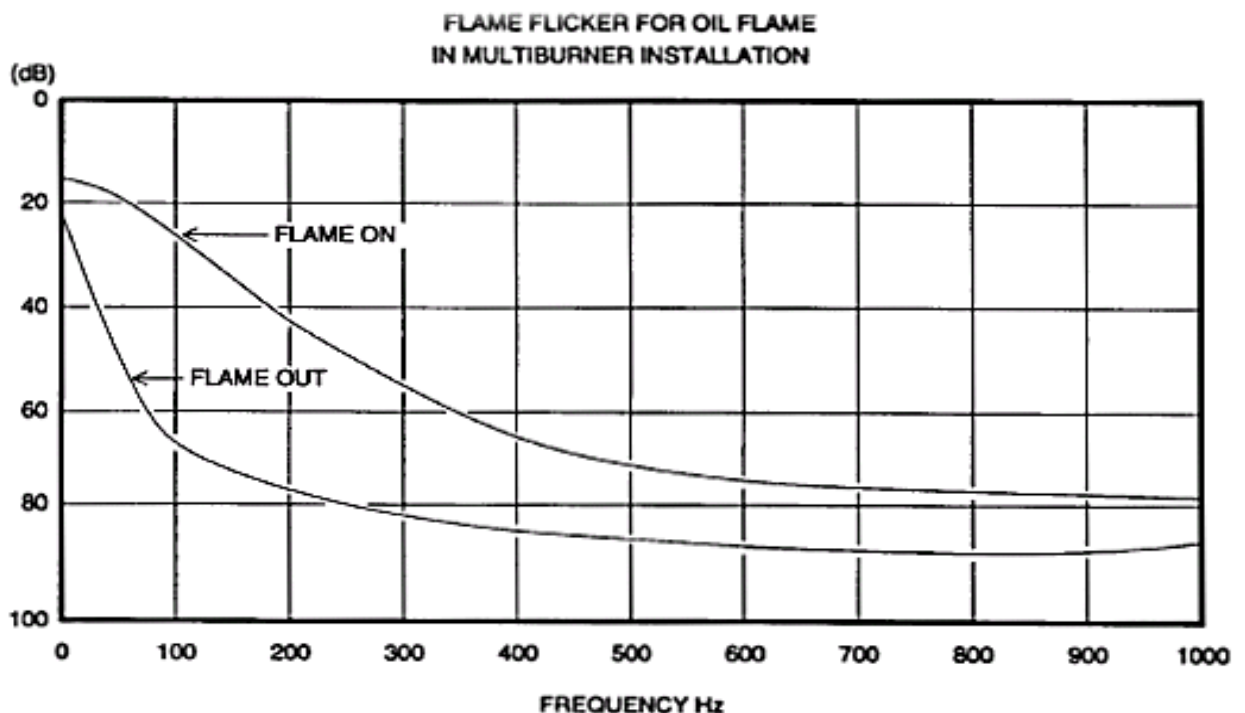
Es importante comprender que la señal que está siendo detectada (suponiendo el uso de un detector de estado sólido) es, básicamente una señal de brillo (la componente de CC) a la que se le superpone una señal de parpadeo (la componente de CA) con una relación de intensidades de 20 ó 30 a 1. Esta relación depende fundamentalmente del tipo de combustible y del tipo de quemador.

El parpadeo de la llama ha sido utilizado desde hace tiempo para detección de llama en pequeñas calderas de un solo quemador. En estos casos, el parpadeo de baja frecuencia (10 a 20 Hz) es suficiente para discriminar la presencia de llama del brillo y la radiación IR del hogar.

En realidad, el parpadeo de la llama presenta componentes de frecuencia entre 0 y 2kHz, particularmente en grandes calderas de múltiples quemadores.

La figura 3 muestra la amplitud de las frecuencias del parpadeo en una caldera típica de múltiples quemadores. La amplitud o intensidad del parpadeo está representada en escala logarítmica. La curva superior representa la intensidad de las componentes de parpadeo con todos los quemadores encendidos y la curva inferior la amplitud de parpadeo proveniente de los quemadores adyacentes, es decir con el quemador bajo estudio apagado.

Los puntos importantes a notar en estas curvas son los siguientes:



- La discriminación entre llamas cuando se utilizan las frecuencias de parpadeo del orden de 10 a 20 Hz no es buena.
- La mejor discriminación se obtiene para frecuencias de 100 Hz y superiores.

J. A. Cabrera 4621	Tel (54)	(11) 4833 0020	SistemasDACS S.A. <i>Especialistas en Protección de Procesos</i>
Buenos Aires (C1414BGI)	Fax (54)	(11) 4833 0019	
Argentina	E-mail:	dacs@dacs.com.ar	

El diseño de los cabezales detectores y los procesadores de llama Iris Systems Inc. Se basa en estos hechos, dando como resultado un primer eslabón de la cadena de seguridad de un horno o caldera que es a la vez seguro y confiable, lo que resulta de máxima importancia al momento de diseñar o adquirir un sistema de seguridad.

Conclusión

Se han presentado los principios básicos de las exigencias normativas actuales para cualquier sistema de seguridad, habiéndose destacado los conceptos de Nivel SIL como los definen las normas IEC 61508 e IEC 61511. En este contexto, se han presentado a los detectores de llama como parte integrante de las Funciones Instrumentadas de Seguridad.

Finalmente, se han presentado los detectores de Llama IRIS SYSTEMS que con sus particulares características de diseño permiten la implementación de sistemas de monitoreo de llama que hacen a los procesos de producción más seguros y rentables.

Ing. Jorge M. Tirabasso

SistemasDACS S.A.

jorge.tirabasso@dacs.com.ar