



Cámaras de imagen térmica: ¿a qué distancia puedo ver con ellas?



PTZ - 35 x 140 MS: cámara térmica con dos detectores microbolométricos no refrigerados, apta para detección a medio y largo alcance

La pregunta más habitual que hacen las personas interesadas en adquirir una cámara de imagen térmica es: ¿a qué distancia puedo ver con ella?. Es, sin duda, una pregunta lógica a la que caben varias respuestas. Todas las cámaras térmicas de la firma FLIR pueden observar el sol, el cual se encuentra a más de 146 millones de kilómetros de la tierra. Pero sería totalmente falso afirmar que las cámaras térmicas FLIR, a dicha distancia, pueden detectar determinados “blancos”.

La tecnología de imagen térmica permite detectar personas y objetos inclusive con total oscuridad y bajo diversas condiciones meteorológicas adversas. Una aplicación típica de esta tecnología es la vigilancia de fronteras, lugares en los que la mayoría de delitos se prepentan de noche. Por ejemplo, para mantener perfectamente vigilad un límite y detectar “amenazas potenciales” a una distancia de 2km, es necesario situar torres de vigilancia cada 4km. Los aspectos fundamentales en estos casos son: ¿qué alcance de visualización tiene una cámara de imagen térmica? y ¿a qué distancia es capaz ésta de detectar posibles riesgos?

En la industria dedicada a las cámaras de imagen térmica la distancia a la que es posible detectar un blanco se denomina “alcance”. Determinar correctamente el alcance de una cámara en concreto, implica tener en cuenta diversos y complejos parámetros: tipo de cámara de imagen térmica, tipo de lentes usados, naturaleza y tamaño del objeto a detectar, condiciones atmosféricas y una precisa concreción de lo que entendemos por “detectar el blanco”.

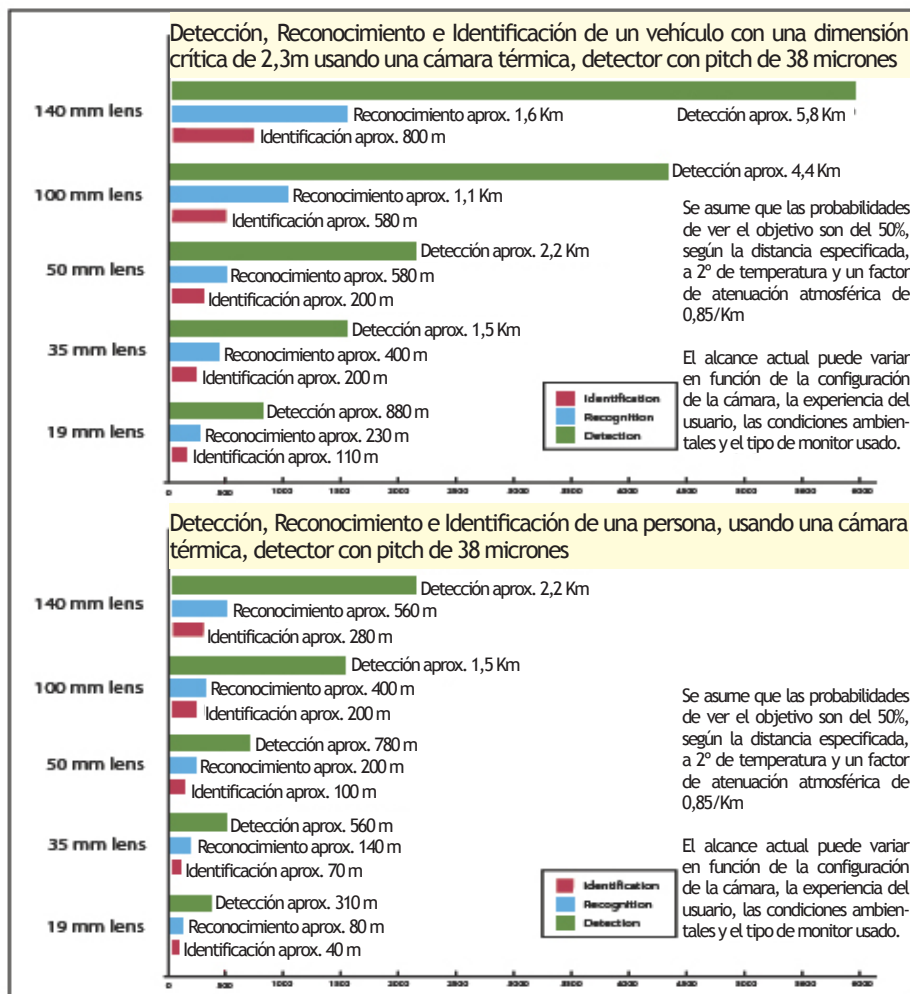
“Observar” un blanco

Para definir qué entendemos por “observar un blanco” y establecer el alcance real de las cámaras por infrarrojos, acostumbra a aplicarse el Criterio desarrollado por el Instituto Científico “John Johnson, Visión Nocturna y Sensores Electrónicos”. Aunque inicialmente se aplicó a usos militares [el término “blanco” se refiere a un objeto de interés], actualmente el criterio Johnson se utiliza en diversos sectores como parámetro que caracteriza las prestaciones de los sistemas de imagen térmica. De acuerdo con lo que establece este Criterio debe hacerse una distinción entre “diferentes niveles” de observación del blanco:

- **Detección:** Para detectar si un objeto está o no presente, 1,5 o más píxeles deben abarcar su dimensión crítica. 1,5 píxeles, en una posición de observación fija, corresponden a 0,7 ciclos, unidad básica establecida para determinar la resolución en el Criterio Johnson.

- **Reconocimiento:** Reconocer un objeto es poder definir de qué tipo de blanco se trata. Implica distinguir entre una persona, un coche o cualquier otro objeto. Para reconocer un objeto -como mínimo- 6 píxeles de su dimensión crítica deben quedar cubiertos.

- **Identificación:** Este término es de uso habitual en la industria militar internacional e implica determinar si lo que estamos observando tiene carácter de “amigo o enemigo”. Para ello, un mínimo de 12 píxeles, deben abarcar su dimensión crítica.





El Criterio Johnson permite determinar -con un 50% de seguridad- dentro de cuál de los tres niveles mencionados estamos observando el blanco. Por ejemplo, un humano adulto con una complexión de 1,80 de alto y 0,5 de ancho presentaría -de acuerdo con los análisis estadísticos y los datos de imagen térmica- una “dimensión crítica” de 0,75 metros. Supongamos además que observamos a 1.000m de distancia con una cámara de infrarrojos cuya resolución es capaz de abarcar con 6 píxeles la imagen obtenida de la dimensión crítica del blanco [0,75m]. Además vamos a conjeturar que el sensor de la cámara dispone de suficiente crontaste térmico entre el blanco y el fondo [ejemplo, una persona en un escenario nocturno frío]. Solapando todas estas suposiciones podríamos afirmar que es viable discriminar el blanco a 1.000m de distancia.

Los sistemas FLIR especifican a qué distancia puede detectarse, con una cámara de imagen térmica y en condiciones de suficiente contraste térmico, un blanco del tamaño de una persona. Siempre que las lentes sean las indicadas, nuestras cámaras son capaces de detectar actividad humana a varios kilómetros de distancia. Conforme aumenta el tamaño del blanco a localizar también lo hace el alcance de detección.

Distancia focal: parámetro decisivo

Un aspecto fundamental para establecer cuál es el alcance real de una cámara térmica es la distancia focal de las lentes. Este parámetro determina la resolución espacial instantánea (IFOV) de la cámara. Se trata del campo angular de visión de un solo píxel; es decir, el ángulo más pequeño que el sistema puede gestionar, siempre y cuando disponga de suficiente contraste térmico.

La IFOV determina el número de píxeles necesarios para detectar, reconocer o identificar el blanco, según la distancia a la que esté y su dimensión crítica. Cuanto mayor es la distancia focal de las lentes, el IFOV se va reduciendo, lo cual implica -para un alcance fijo- la necesidad de que disponer de más píxeles en el blanco. En vigilancias de largo alcance [como en una frontera de seguridad] el IFOV puede ser inferior, ya que deben detectarse objetos del tamaño humano a pocos kilómetros de distancia. A resaltar que el campo global de visión es inversamente proporcional a la distancia focal: lentes de largo alcance facilitan campos de visualización más pequeños. El principio físico estriba en que: *con lentes largas, cuanto mayor es el alcance de detección de la cámara, más se reduce el total del campo de visualización*. En otras palabras, podemos identificar blancos pero hay que saber hacia dónde observar ya que el sistema busca una “aguja en un pajar”.

Este es el motivo por el cual, normalmente, todas las cámaras de infrarrojos están equipadas con lentes de diferente longitud focal a fin de que la detección se realice rápidamente y si el zoom está activado, poder también identificar el blanco.

Imaginemos una persona a una distancia de 1km; el ángulo efectivo que proyecta corresponde a la dimensión crítica dividida por la distancia: $0,75\text{m}/1.000\text{m}$ o 750 microradianes angulares. A fin de identificar correctamente a la persona con una cámara térmica a esta distancia (1.000m), necesitamos un sistema que garantice 12 píxeles a lo ancho de los 0,75m. Observe que en este contexto hablar de “identificación” no implica reconocer a la persona, sino poder observar si sujeta un rifle o un a pala. Una lente con una distancia focal de 500mm combinada con un sensor de cámara con 15 micro píxeles facilita un IFOV de 30 microradianes. El número de píxeles es igual al ángulo del blanco dividido por el ángulo IFOV. Por lo tanto tenemos 750 microradianes divididos por 30 microradianes por píxel o, aproximadamente, 25 píxeles sobre el blanco; esta cifra excede los 12 píxeles requeridos para una identificación.

Cámaras térmicas refrigeradas y no refrigeradas

También se da una diferencia sustancial entre el alcance que se obtiene con una cámara térmica refrigerada y una no refrigerada. Los sistemas refrigerados son más caros pero, normalmente, tienen mayor alcance -en la mayoría de condiciones- que las no refrigeradas.

Una cámara estándar refrigerada trabaja con un pitch de 15 micro píxel (espaciado entre el centro de los píxeles). Si cogemos una dimensión crítica de 0,75m, una persona situada a 2.1km absorberá 12 píxeles. De los cálculos de este ejemplo se deduce que para la identificación de una persona situada a varios kilómetros, necesitamos una lente dentro del rango de la distancia focal de los 500mm.

Ahora tomemos el caso de un sensor no refrigerado que es de por sí menos sensible que uno refrigerado, con características ópticas equiparables y mayores píxeles. Un sensor estándar no refrigerado presenta 38 micro pitch. Este aumento en el tamaño del píxel, acorta el alcance de identificación de una lente de 500mm en 0,8km. Pero lo que es más importante, las lentes no refrigeradas con rangos de distancias focales de 500mm son poco prácticas ya que las lentes (para alcanzar sensibilidades térmicas comparables a las de los sistemas refrigerados) deben tener un número “f” reducido. Una lente no refrigerada con f/1.6 tiene un diámetro efectivo de 313mm, es decir, enorme y caro.

Las lentes pueden resultar francamente caras ya que el ahorro logrado al usar sensores no refrigerados frente a los refrigerados, queda anulado. De hecho, la lente más larga no refrigerada que se comercializa actualmente es de 367mm. Una lente de esta longitud combinada con una cámara -no refrigerada- de un pitch de 38 micrones, sólo proporciona un alcance de 600 metros.

La conclusión de este ejemplo es que para aplicaciones en las que sea necesario un largo alcance, es mejor usar sistemas de cámaras refrigeradas. Esto resulta especialmente claro para bandas de onda media en condiciones atmosféricas húmedas.

Condiciones atmosféricas

A pesar de que las cámaras térmicas son capaces de detectar con oscuridad total, a través de la niebla, lluvia o nieve, también es cierto que dicha capacidad de detección se ve afectada por las condiciones atmosféricas. Incluso con cielos claros, la absorción atmosférica limita la distancia a la que es capaz de ver una cámara de infrarrojos. Resumiendo, cuanto más recorrido deba cubrir la señal de infrarrojos, desde el blanco hasta la cámara, más señal se pierde en dicha distancia.

La lluvia y la niebla pueden limitar drásticamente el alcance de las cámaras térmicas ya que la luz sufre una retrodispersión dos veces superior a la que se da en el agua. La niebla incrementa la cantidad de gotas de agua suspendidas que hay en la atmósfera o cerca de la superficie terrestre, lo cual puede reducir en muchas ocasiones la visibilidad horizontal a menos de 1km. Este fenómeno se genera cuando la temperatura del aire y el punto de temperatura de condensación del mismo, son prácticamente iguales y, por tanto, se produce suficiente condensación.

Existen diferentes tipos de niebla; algunos bancos de niebla son más densos que otros y ello se debe a que las gotas de agua han crecido más. Una cámara térmica tendrá más dificultad para detectar a través de bancos de niebla densa y su alcance quedará reducido. Lo mismo ocurre cuando llueve o nieva copiosamente. Además, la lluvia puede reducir el contraste ya que enfría la superficie de los blancos. A pesar de que el rendimiento se degrada con lluvia o nieve, las cámaras térmicas permiten observar blancos que la visión humana no es capaz de detectar.

El alcance se ve afectado por numerosas variables

Resumiendo, cabe decir, que no resulta fácil responder a la pregunta: “¿a qué distancia detectan las cámaras térmicas?”. Como hemos visto influyen numerosas variables del entorno en el que trabajamos y algunas inherentes al propio sistema, incluyendo la naturaleza del blanco a observar [por ejemplo, un coche aparcado comparado con uno en movimiento], el fondo [un árido y tórrido desierto frente a una zona nevada y fría], las condiciones atmosféricas [un cielo azul y claro frente a un banco de niebla]. También resulta vital la combinación de la cámara y las lentes que hayamos elegido.

Los ingenieros de FLIR, o los del Distribuidor Oficial de su país, pueden ayudarle a establecer los alcances a los que puede detectar varios tipos de blancos, en función de las condiciones ambientales y del tipo de cámara.

Nomógrafos

Una excelente forma para estimar a qué distancia podrá observar, con una cámara térmica, un blanco es usar un nomógrafo. Se trata de un dispositivo que presenta gráficamente las relaciones numéricas existentes entre variables como; la distancia focal, el alcance y el número de píxeles de un blanco.

Los nomógrafos de los dos ejemplos [aptos tanto para cámaras refrigeradas, como no refrigeradas] son modelo simplificados que sirven para estimar el alcance al que podremos detectar, reconocer e identificar. Estos modelos no tienen en cuenta los efectos que tienen los factores atmosféricos sobre el contraste térmico; asumen que las imágenes tienen contrastes térmicos acusados, que las condiciones medio-ambientales son claras y que los límites máximos del alcance se basan únicamente en la geometría.

Ejemplo:

El Principio Johnson asume que la dimensión crítica de un humano está en torno a los 0,75 metros. Para lograr la DRI necesitamos 1,5 píxeles, 6 píxeles y 12 píxeles dentro de los 0,75 metros del plano del objeto. Ello implica:

1,5 píxeles/0.75 metros = 2 píxeles por metro
6 píxeles/0,75 metros = 8 píxeles por metro
12 píxeles/0,75 metros = 16 píxeles por metro

Si asumimos que un humano tiene unas dimensiones aproximadas de 1,8 por 0,5 metros, debe quedar abarcado por:

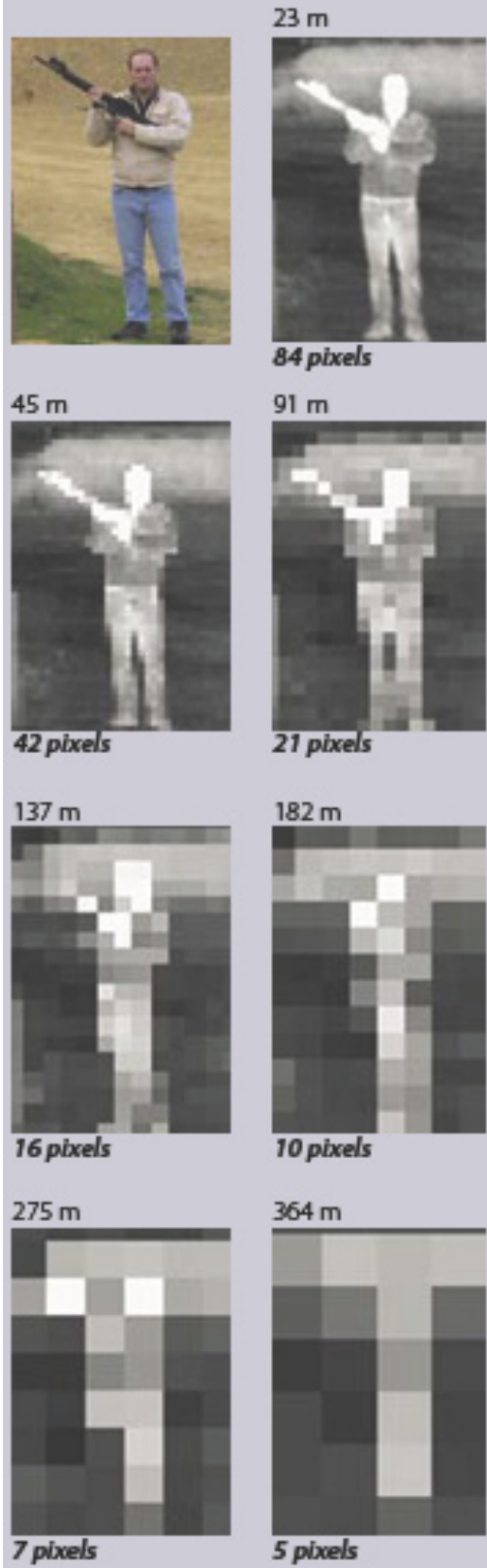


Detección	Reconocimiento	Identificación
3,6 píxeles x 1 píxel	14,4 píxeles por 4 píxeles	28,8 píxeles por 8 píxeles
Vemos que hay algo	Vemos que se trata de una persona	Vemos que la persona lleva un rifle

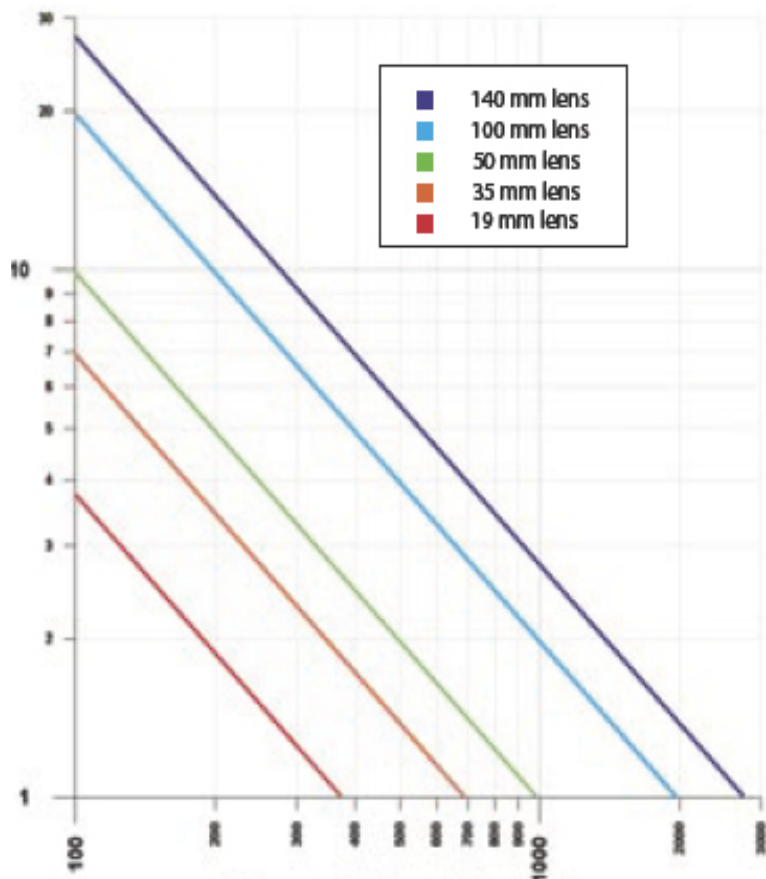
Las imágenes sólo representan un concepto

Detector no refrigerado de 320x240, con lentes de 50mm y un pitch de 38 micrones

Píxeles en el blanco a través de la altura del hombre



Píxeles a través de los 0,75 metros del blanco

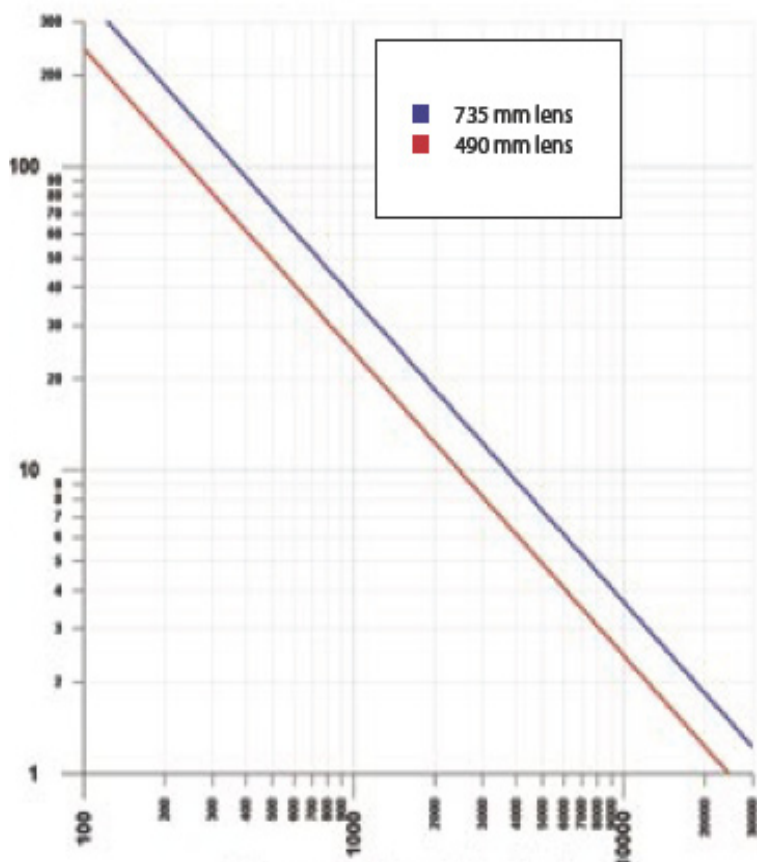


Distancia hasta el blanco (en metros)

Nomógrafo:
detector no refrigerado de
320 x 240 con un pitch de
38 micrones

Píxeles que abarcan los
0,75 metros, correspondientes a
la dimensión crítica del hombre,
respecto al alcance

Píxeles a través de los 0,75 metros del blanco



Distancia hasta el blanco (en metros)

Nomógrafo:
detector refrigerado de
640 x 480 con un pitch de
15 micrones

Píxeles que abarcan los
0,75 metros, correspondientes a
la dimensión crítica del hombre,
respecto al alcance



Los sistemas FLIR HRC-59 x 735 o HRC-40 X
490 pueden detectar "amenazas potencial-
es a distancias muy notables

Nuestro agradecimiento al Dr. Austin Richards Ph. por autorizarnos este artículo y calcular los nomógrafos y al Sr. T. Hoelter for sus valiosas aportaciones y consejos

Para ampliar la información sobre los sistemas FLIR dirijase al Distribuidor Oficial FLIR España:

DISVENT INGENIEROS, S.A.

Ecuador, 77 -08029 BARCELONA-

Tel. 902 886 363

Fax 93- 363 63 90



e-mail bravo@disvent.com

www.disvent.com