

Manual del usuario

Buksanvishning bejen

FLIR Systems
Indigo Operations
IAS Facility
701 John Sims Parkway East
Suite 2B
Niceville, FL 32578
USA
Phone: +1 850 678 4503
Fax: +1 850 678 4992
E-mail: sales@indigosystems.com
Web: www.corebyindigo.com

1	Advertencias y avisos
2	Nota importante acerca de este manual
3	Bienvenidos
4	Lista de contenido
5	Descripción general del sistema
6	Conexión de los componentes del sistema
7	Introducción a la inspección termográfica de instalaciones eléctricas
8	Tutoriales
9	Descripción general de la cámara
10	Programa de la cámara
11	Sistema de alimentación eléctrica
12	Mantenimiento y limpieza
13	Resolución de problemas
14	Especificaciones técnicas y gráficos de dimensiones
15	Glosario

Técnicas de medida termográfica

Historia de la tecnología de infrarrojos

Teoría de la termografía

Tablas de emisividad

Thermacam™ E45

Manual del usuario



Publ. No. 1558037 Rev. a155 - SPANISH (ES) - February 6, 2006



Renuncia legal

Todos los productos fabricados por FLIR Systems están garantizados frente a defectos de material y de mano de obra durante un periodo de un (1) año desde la fecha de entrega de la compra original, siempre que dichos productos se encuentren en condiciones normales de almacenamiento, uso y servicio, y de acuerdo con las instrucciones facilitadas por FLIR Systems.

Todos los productos no fabricados por FLIR Systems incluidos en los sistemas entregados por FLIR Systems al comprador original están cubiertos únicamente por la garantía del proveedor en cuestión, si la tuvieran, y FLIR Systems no se hace responsable en absoluto de dichos productos.

La garantía es aplicable únicamente al comprador original y no es transferible. Esta garantía no cubre ningún producto que haya estado sometido a usos indebidos, negligencia, accidentes o condiciones de funcionamiento fuera de lo normal. Los consumibles se excluyen de la garantía.

En caso de defecto en un producto cubierto por esta garantía, no debe seguir utilizando dicho producto para evitar daños adicionales. El comprador informará de inmediato de cualquier defecto a FLIR Systems o, de lo contrario, esta garantía no será aplicable.

FLIR Systems, según estime oportuno, reparará o sustituirá el producto defectuoso, sin cargo alguno, si tras la inspección se comprueba que el defecto se encuentra en el material o la mano de obra y siempre que se devuelva a FLIR Systems dentro del periodo de un año mencionado anteriormente.

FLIR Systems no asume otras obligaciones ni responsabilidades con respecto a los defectos, aparte de las expresadas anteriormente en esta garantía.

No existen otras garantías, ni expresas ni implícitas. FLIR Systems rechaza específicamente las garantías implícitas de adecuación para la comercialización e idoneidad para un fin concreto.

No se podrá responsabilizar a FLIR Systems de ninguna pérdida o daño directo, indirecto, especial, incidental o consecuente, ya sea de acuerdo con un contrato, un agravio o cualquier otra teoría legal.

Copyright

© FLIR Systems, 2006. Reservados todos los derechos en todo el mundo. Queda prohibida la reproducción, transmisión, transcripción o traducción total o parcial del software, incluido el código fuente, a cualquier idioma o lenguaje informático, sea cual sea su forma y el medio utilizado para ello, ya sea éste un medio electrónico, magnético, óptico, manual o de otro tipo, sin el previo consentimiento por escrito de FLIR Systems.

No se podrá copiar, fotocopiar, reproducir, traducir ni transmitir total o parcialmente este manual por cualquier medio electrónico o forma legible por máquinas sin el consentimiento previo por escrito de FLIR Systems.

Los nombres y marcas que aparecen en los productos mencionados en el presente documento son marcas comerciales registradas o marcas comerciales de FLIR Systems o de sus subsidiarias. Todas las demás marcas comerciales, nombres comerciales o nombres de empresa mencionados se utilizan sólo con fines identificativos y son propiedad de sus respectivos propietarios.

Control de calidad

El sistema de gestión de la calidad bajo el que se desarrollan y fabrican estos productos ha sido certificado de acuerdo con el estándar ISO 9001.

FLIR Systems promueve una política de continuo desarrollo, por ello, se reserva el derecho a realizar los cambios y mejoras oportunos en cualquiera de los productos descritos en este manual sin previo aviso.

Patentes

Este producto se encuentra protegido por patentes, patentes de diseño, patentes pendientes o patentes de diseño pendientes.

Los productos o funciones descritos en este manual están protegidos por una o varias de las siguientes patentes, patentes de diseño, patentes en trámite o patentes de diseño en trámite:

Designación	Estado	N.º registro
Alemania	Patente	60004227.8
China	Aplicación	00809178.1
China	Aplicación	01823221.3
China	Aplicación	01823226.4
China	En trámite	200530018812.0
China	Patente de diseño	233308
China	Patente de diseño	ZL02331553.9
China	Patente de diseño	ZL02331554.7
EE. UU.	Aplicación	09/576266
EE. UU.	Aplicación	10/476,217

Designación	Estado	N.º registro
EE. UU.	Aplicación	10/476,760
EE. UU.	En trámite	29/233,400
EE. UU.	Patente	5,366,117
EE. UU.	Patente	5,637,871
EE. UU.	Patente	5,756,999
EE. UU.	Patente	6,028,309
EE. UU.	Patente	6,707,044
EE. UU.	Patente	6,812,465
EE. UU.	Patente de diseño	466540
EE. UU.	Patente de diseño	483782
EE. UU.	Patente de diseño	484155
EPC	Patente	1188086
EPO	Aplicación	01930377.5
EPO	Aplicación	01934715.2
EPO	Aplicación	27282912
EU	Patente de diseño	000279476-0001
Francia	Patente	1188086
Gran Bretaña	Patente	1188086
Gran Bretaña	Patente de diseño	106017
Gran Bretaña	Patente de diseño	3006596
Gran Bretaña	Patente de diseño	3006597
Internacional	Patente de diseño	DM/057892
Internacional	Patente de diseño	DM/061609
Japón	Aplicación	2000-620406
Japón	Aplicación	2002-588123
Japón	Aplicación	2002-588070
Japón	En trámite	2005-020460
Japón	Patente de diseño	1144833
Japón	Patente de diseño	1182246
Japón	Patente de diseño	1182820
PCT	Aplicación	PCT/SE01/00983
PCT	Aplicación	PCT/SE01/00984
PCT	Aplicación	PCT/SE02/00857
PCT	Aplicación	PCT/SE03/00307
PCT	Aplicación	PCT/SE/00/00739
Suecia	Aplicación	0302837-0
Suecia	Patente	518836

Designación	Estado	N.º registro
Suecia	Patente	522971
Suecia	Patente	524024
Suecia	Patente de diseño	68657
Suecia	Patente de diseño	75530

Tabla de contenido

1	Advertencias y avisos	1
2	Nota importante acerca de este manual	3
3	Bienvenidos	5
3.1	Acerca de FLIR Systems	6
3.1.1	Algunas imágenes de nuestras instalaciones	8
3.2	Comentarios y preguntas	10
4	Lista de contenido	11
5	Descripción general del sistema	13
6	Conexión de los componentes del sistema	15
7	Introducción a la inspección termográfica de instalaciones eléctricas	17
7.1	Nota importante	17
7.2	Información general	17
7.2.1	Introducción	17
7.2.2	Datos generales del equipo	18
7.2.3	Inspección	19
7.2.4	Clasificación e informes	20
7.2.5	Prioridad	20
7.2.6	Reparación	21
7.2.7	Control	21
7.3	Técnica de medición para la inspección termográfica de instalaciones eléctricas	23
7.3.1	Cómo configurar correctamente el equipo	23
7.3.2	Medición de temperatura	23
7.3.3	Medición comparativa	25
7.3.4	Temperatura normal de funcionamiento	26
7.3.5	Clasificación de los errores	28
7.4	Informes	29
7.5	Distintos tipos de puntos calientes en instalaciones eléctricas	31
7.5.1	Reflejos	31
7.5.2	Calor solar	31
7.5.3	Calor inductivo	32
7.5.4	Variaciones de la carga	32
7.5.5	Condiciones de refrigeración variables	33
7.5.6	Variaciones de resistencia	34
7.5.7	Recalentamiento en una pieza como resultado de un fallo en otra	34
7.6	Factores de interferencias en la inspección termográfica de instalaciones eléctricas	36
7.6.1	Viento	36
7.6.2	Lluvia y nieve	36
7.6.3	Distancia al objeto	37
7.6.4	Tamaño de objeto	38
7.7	Consejos prácticos para el termógrafo	40
7.7.1	De frío a calor	40
7.7.2	Lluvia	40
7.7.3	Emisividad	40
7.7.4	Temperatura aparente reflejada	41
7.7.5	Objeto demasiado lejano	41

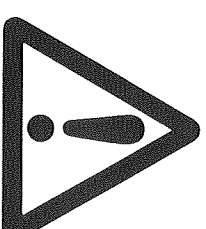
8	Tutoriales	43
8.1	Encendido y apagado de la cámara	43
8.1.1	Encendido de la cámara	43
8.1.2	Apagado de la cámara	43
8.2	Trabajo con imágenes	44
8.2.1	Adquisición de una imagen	44
8.2.2	Congelación de una imagen	44
8.2.3	Almacenamiento de una imagen	44
8.2.4	Eliminación de una o varias imágenes	45
8.2.5	Apertura de una imagen	45
8.3	Trabajo con medidas	46
8.3.1	Insertión de un punto	46
8.3.2	Insertión de un área de medida	46
8.4	Trabajo con alarmas	47
8.4.1	Configuración de una alarma de color	47
8.4.1.1	Configuración de una alarma de color mediante el sistema de menús	47
8.4.1.2	Configuración de una alarma de color sin utilizar el sistema de menús	47
8.5	Cambio del nivel y el campo	48
8.5.1	Cambio del nivel	48
8.5.2	Cambio del campo	48
8.6	Cambio de la configuración del sistema	49
8.6.1	Cambio del idioma	49
8.6.2	Cambio de la unidad de temperatura	49
8.6.3	Cambio del formato de fecha	49
8.6.4	Cambio del formato de hora	50
8.6.5	Cambio de la fecha y la hora	50
8.7	Trabajo con la cámara	51
8.7.1	Extracción de la lente	51
8.7.2	Ajuste del enfoque	52
8.7.3	Insertión y extracción de la batería	52
8.7.3.1	Insertión de la batería	53
8.7.3.2	Extracción de la batería	53
9	Descripción general de la cámara	55
9.1	Partes de la cámara	55
9.2	Botones y funciones del teclado	59
9.3	Laser LocalIR	61
9.4	Indicador luminoso del teclado	62
10	Programa de la cámara	63
10.1	Tabla de resultados	63
10.2	Mensajes del sistema	64
10.2.1	Mensajes de estado	64
10.2.2	Mensajes de advertencia	64
10.3	Selección de objetos de la pantalla	65
10.3.1	Selección de objetos de la pantalla	65
10.3.2	Ejemplos de objetos de la pantalla seleccionados	65
10.4	Sistema de menús	67
10.4.1	Utilización del sistema de menús	67
10.4.2	Modo Medic (medición)	67
10.4.3	Ajuste manual/Ajuste automático	68

10.4.4	Emisividad	68
10.4.5	Paleta	69
10.4.6	Rango (opción extra)	69
10.4.7	Ocultar gráficos/Mostrar gráficos	69
10.4.8	Archivo	70
10.4.9	Configuración	71
10.4.9.1	Configuración	71
10.4.9.2	Fecha/hora	72
10.4.9.3	Localización	73
10.4.9.4	Información de la cámara	73
10.4.9.5	Valores de fábrica	74
11	Sistema de alimentación eléctrica	75
11.1	Carga interna de la batería	77
11.2	Carga externa de la batería	78
11.3	Advertencias de seguridad sobre la batería	79
12	Mantenimiento y limpieza	81
12.1	Cuerpo de la cámara, cables y accesorios	81
12.2	Lentes	81
13	Resolución de problemas	83
14	Especificaciones técnicas y gráficos de dimensiones	85
14.1	Generación de imágenes	85
14.2	Presentación de imágenes	85
14.3	Rango de temperaturas	85
14.4	Laser LocalIR	85
14.5	Sistema de alimentación eléctrica	86
14.6	Especificaciones ambientales	86
14.7	Especificaciones físicas	87
14.8	Interfaces de comunicación	87
14.9	Configuración de los pines	87
14.9.1	Conector RS-232/USB	87
14.9.2	Conector de alimentación	88
14.9.3	Conector CVBS	88
14.10	Relación entre los campos de visión y la distancia	88
14.11	Gráficos de dimensiones de la cámara	90
14.12	Cargador de batería - Gráfico de dimensiones	108
14.13	Gráfico de dimensiones de la batería	111
15	Glosario	112
16	Técnicas de medida termográfica	113
16.1	Introducción	119
16.2	Emisividad	119
16.2.1	Determinación de la emisividad de una muestra	119
16.2.1.1	Paso 1: determinación de la temperatura aparente reflejada	120
16.2.1.2	Paso 2: determinación de la emisividad	122
16.3	Temperatura aparente reflejada	123
17	Historia de la tecnología de infrarrojos	125
18	Teoría de la termografía	131
18.1	Introducción	131

18.2	El espectro electromagnético	131
18.3	Radiación de un cuerpo negro	132
18.3.1	Ley de Planck	133
18.3.2	Ley de desplazamiento de Wien	135
18.3.3	Ley de Stefan-Boltzmann	136
18.3.4	Emisores que no constituyen cuerpos negros	137
18.4	Materiales semitransparentes al infrarrojo	140
19	Tablas de emisividad	141
19.1	Bibliografía	141
19.2	Nota importante sobre las tablas de emisividad	141
19.3	Tablas	141
	Índice	157

1 Advertencias y avisos

10474103.a1



- Este equipo genera, usa y puede radiar energía de radiofrecuencia y, si no se instala y usa de acuerdo con el manual de instrucciones, podría causar interferencias en las radiocomunicaciones. Este equipo ha sido comprobado y se ha determinado que se ajusta a los límites para dispositivos digitales de Clase A según la subsección J de la sección 15 de los reglamentos de la FCC, concebidos para proporcionar un grado de protección razonable contra este tipo de interferencias cuando se utiliza en un entorno comercial. El funcionamiento de este equipo en zonas residenciales puede originar interferencias, en cuyo caso el usuario, haciéndose cargo de los gastos, deberá tomar las medidas oportunas para corregir dichas interferencias.
- Una cámara de infrarrojos es un instrumento de precisión y utiliza un sensor de infrarrojos muy sensible. El hecho de dirigir la cámara hacia fuentes de energía muy intensas (como dispositivos que emitan radiación láser, o bien las radiaciones reflejadas procedentes de estos dispositivos), puede afectar a la precisión de las lecturas de la cámara o incluso dañar, tal vez de forma irreparable, el sensor. Tenga en cuenta que la cámara es igual de sensible aunque esté apagada y con la protección de la lente en su lugar.
- Todas las cámaras de FLIR Systems se calibran antes de su entrega. Se aconseja remitir la cámara una vez al año para su calibración.
- Por motivos de protección, el LCD (en caso de existir) se apagará si la temperatura del sensor es superior a +60 °C (+149 °F) y la cámara se apagará en caso de que la temperatura del sensor sea superior a +68 °C (+154,4 °F).
- La cámara requiere un periodo de calentamiento de 5 minutos antes de ofrecer medidas precisas (si procede).

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

2 Nota importante acerca de este manual

En la medida de lo prácticamente posible, FLIR Systems configura cada manual para reflejar la configuración particular de la cámara de cada cliente. Sin embargo, tenga en cuenta las siguientes excepciones:

- La lista de contenido está sujeta a la configuración concreta del cliente y podría contener más o menos elementos
- FLIR Systems se reserva el derecho a dejar de fabricar modelos, piezas y accesorios, así como otros elementos, o a cambiar las especificaciones en cualquier momento sin previo aviso
- En algunos casos, el manual puede describir funciones que no estén disponibles en una configuración de cámara concreta.

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

3 Bienvenidos

Gracias por elegir la cámara de infrarrojos ThermaCAM™ E45.

La cámara de infrarrojos ThermaCAM™ E45 mide y toma imágenes de la radiación infrarroja emitida por un objeto. El hecho de que la radiación sea una función de la temperatura de la superficie del objeto permite a la cámara calcular y visualizar dicha temperatura. El sistema de la cámara también incorpora un puntero láser, un LCD en color de 2,5", una lente de infrarrojos, una batería extraíble y un conjunto de accesorios.

La cámara es muy fácil de utilizar. Su funcionamiento se controla por medio de unos pocos botones que están colocados en la cámara en el lugar más cómodo, lo que permite controlar con la punta de un dedo la mayoría de las funciones principales. El sistema de menús integrado también proporciona un acceso sencillo a un software de cámara avanzado y fácil de usar que proporciona aún más funciones.

Para documentar el objeto inspeccionado, existe la posibilidad de capturar y almacenar imágenes en la memoria interna de la cámara. Las imágenes pueden analizarse in situ (con las herramientas de medición en tiempo real incorporadas en la cámara), o bien en un equipo informático, mediante el software ThermaCAM Reporter de FLIR Systems. Para ello basta con descargarlas desde la cámara utilizando ThermaCAM™ QuickView.

3.1

Acerca de FLIR Systems

Con más de 40 años de experiencia en desarrollo de sistemas y aplicaciones de infrarrojos, y más de 30.000 cámaras de infrarrojos en uso en todo el mundo, FLIR Systems es el líder indiscutible del sector de los infrarrojos a escala mundial.

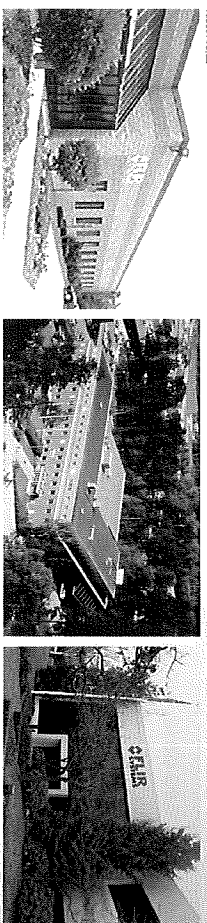


Figura 3.1 FLIR Systems en Boston (EE. UU.), FLIR Systems en Danderyd (Suecia) y FLIR Systems en Portland (EE. UU.).

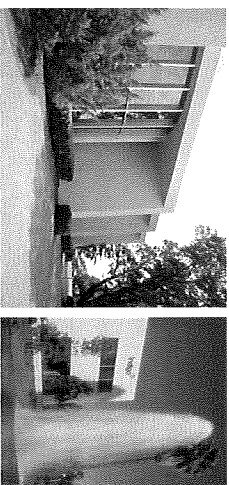


Figura 3.2 Indigo Operations, Niceville, EE. UU. e Indigo Operations, Santa Barbara, EE. UU. Indigo Operations es una división de FLIR Systems.

Como pioneros en la industria de los infrarrojos, FLIR Systems ha introducido una larga lista de novedades en el ámbito de la termografía por infrarrojos.

- 1965: el primer sistema térmico de imágenes para el mantenimiento predictivo (el modelo 650).
- 1973: el primer escáner de infrarrojos portátil y alimentado por baterías para el mantenimiento predictivo en aplicaciones industriales (el modelo 750).
- 1975: el primer sistema compatible con televisión (el modelo 525).
- 1978: el primer sistema de escáner de longitud de onda dual capaz de grabar de forma analógica y en tiempo real eventos térmicos (el modelo 780). Fundamental para el desarrollo del mercado de I + D.
- 1983: el primer sistema térmico de imágenes y medida con medición en pantalla de las temperaturas.
- 1986: el primer sistema con refrigeración termoeléctrica.
- 1989: el primer sistema de cámaras de infrarrojos de una sola pieza para mantenimiento predictivo e I + D (investigación y desarrollo) con almacenamiento digital incorporado.

- 1991: el primer sistema termográfico de análisis y generación de informes compatible con Windows.
- 1993: el primer sistema de matriz de plano focal (FPA) para aplicaciones de mantenimiento predictivo e I + D.
- 1995: el primer sistema de infrarrojos FPA completo con aspecto de cámara de vídeo (ThermaCAM).
- 1997: el primer sistema para mantenimiento predictivo e I + D sin refrigeración basado en microbolómetro.
- 2000: el primer sistema de termografía con imágenes tanto térmicas como visuales.
- 2000: el primer sistema de termografía con registro incorporado de datos térmicos, visuales, de voz y de texto.
- 2002: el primer sistema automatizado de termografía (el modelo P60) con LCD desmontable y manejable por control remoto, almacenamiento de imágenes en formato JPEG, conectividad mejorada (incluidas las interfaces USB e IrDA inalámbrica) y registro de datos térmicos, visuales, de voz y de texto.
- 2002: la primera cámara termográfica de bajo coste, ultracompacta y portátil (serie E). Con un diseño revolucionario y ergonómico, es la cámara para mediciones por infrarrojos más ligera que existe.
- 2003: primera cámara de infrarrojos ultracompacta de bajo coste para instalación fija, diseñada para aplicaciones de automatización y seguridad. Excepcionalmente fácil de utilizar gracias a sus interfaces estándar y a la gran cantidad de funciones integradas.
- 2004: primeros modelos de cámaras diseñados especialmente para termografías de edificios (B1, B2 y B20).

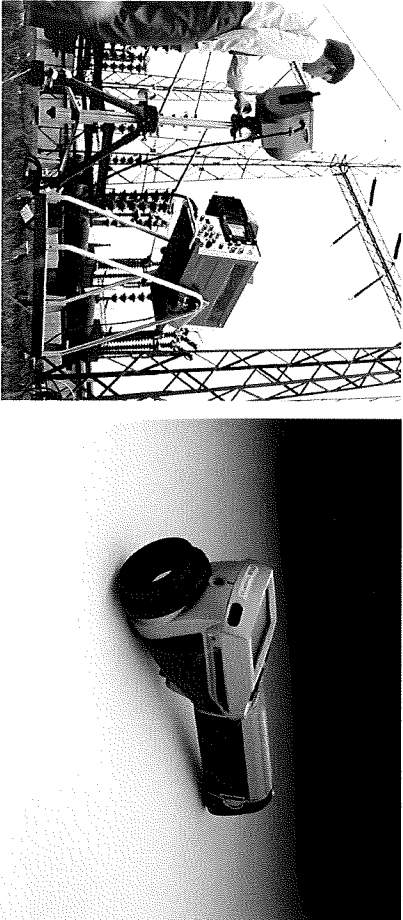


Figura 3.3 IZQUIERDA: el modelo Thermovision® 661 de FLIR Systems. La foto está tomada el 30 de mayo de 1969 en una planta de distribución cerca de Beckomberga (Estocolmo, Suecia). La cámara pesaba aproximadamente 25 kg (55 libras), el osciloscopio 20 kg (44 libras) y el trípode 15 kg (33 libras). El usuario también necesitaba un generador de 220 VCA y un recipiente de 10 litros (2,6 galones estadounidense) con nitrógeno líquido. A la izquierda del osciloscopio se puede observar el accesorio Polaroid (6 kg/13 libras). **DERECHA:** el modelo ThermoCAM E2 de FLIR Systems (2002), peso: 0,7 kg (1,54 libras), incluida la batería.

Con esta tradición de excelencia técnica y logros innovadores sin parangón, FLIR Systems continúa desarrollando nuevos productos de infrarrojos, acontecimientos formativos y experiencia en aplicaciones con el fin de satisfacer las diversas demandas relacionadas con la termografía en todo el mundo.

3.1.1 Algunas imágenes de nuestras instalaciones

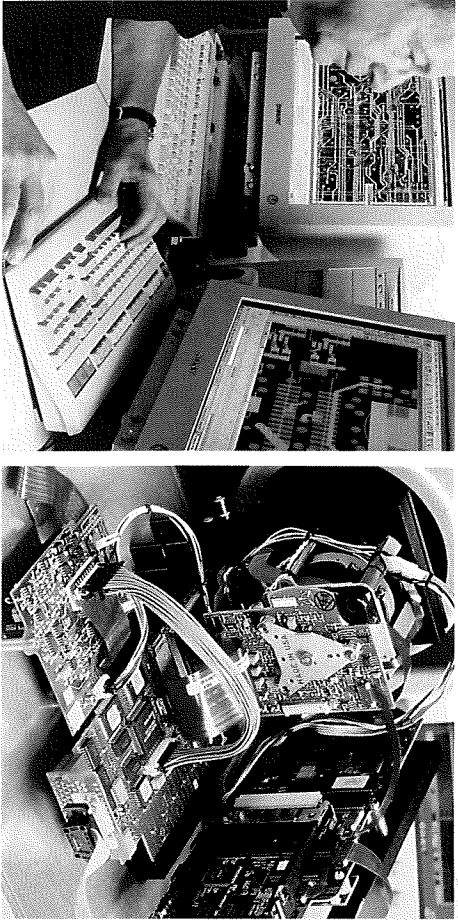


Figura 3.4 IZQUIERDA: desarrollo de sistemas electrónicos; **DERECHA:** pruebas de un detector de FPA

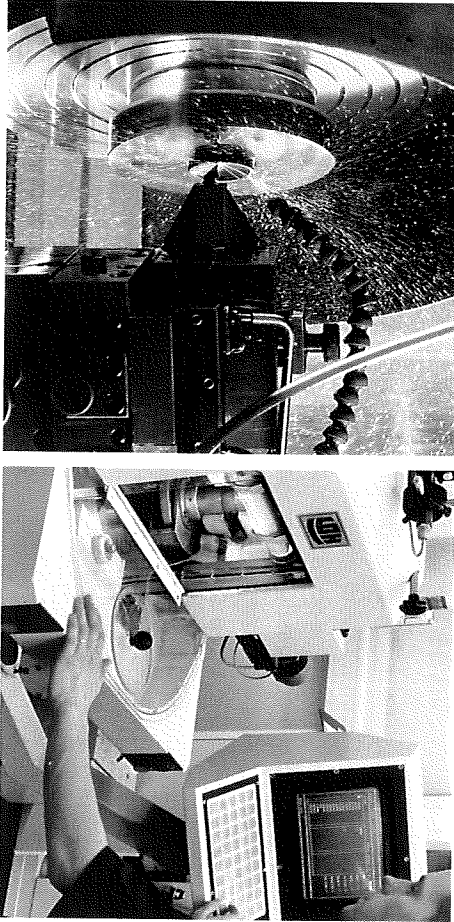


Figura 3.5 IZQUIERDA: máquina de procesamiento de diamantes; **DERECHA:** pulimentado de lentes

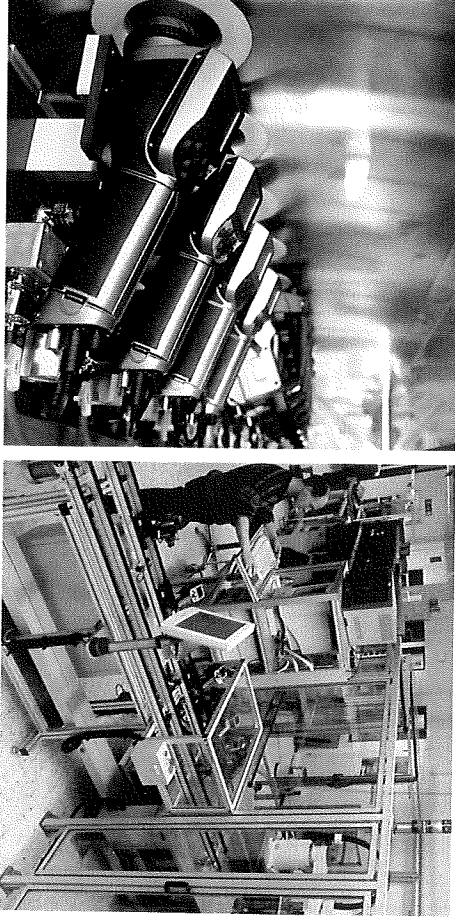


Figura 3.6 IZQUIERDA: pruebas de cámaras de infrarrojos en la cámara climática; **DERECHA:** robot para la prueba y calibración de las cámaras

3.2 Comentarios y preguntas

FLIR Systems tiene un firme compromiso con una política de desarrollo continuo y, aunque hemos comprobado y verificado la información contenida en este manual hasta el límite de nuestras posibilidades, puede que las funciones y las especificaciones hayan cambiado desde el momento de la impresión. Le agradeceríamos que nos comunicara cualquier error que detecte, así como sus sugerencias para futuras ediciones. Para ello, envíe un mensaje de correo electrónico a la siguiente dirección:

documentation@flir.se

☛ No utilice esta dirección para realizar preguntas relacionadas con asistencia técnica. La asistencia técnica se gestiona desde las oficinas de venta locales de FLIR Systems.

4 Lista de contenido

ThermaCAM™ E45 y sus accesorios se entregan en una caja rígida de transporte, que normalmente incluye los elementos detallados a continuación. Al recibir el envío, inspeccione todos los elementos y compruebe que sean los mismos que incluye el albarán de entrega. Los elementos dañados deberán devolverse al representante local de FLIR Systems de inmediato.

Descripción	Número de referencia	Cantidad
Batería	1 195 106	2
Cable para vídeo	1 909 775	1
Cable USB	1 195 128	1
Cámara de infrarrojos ThermaCAM™ E45 con lente	Depende de la configuración	1
Cargador de batería	1 195 102	1
CD de TrainIR	1 195 494	1
Correa de mano	1 195 221	1
Fuente de alimentación	1 909 528	1
Manual del usuario	1558037	1
Protección de la lente para el cuerpo de la cámara	1 120 987	1

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

5 Descripción general del sistema

Esta descripción general del sistema muestra todos los accesorios que se pueden solicitar para ThernaCAM™ E45.

10396603_04

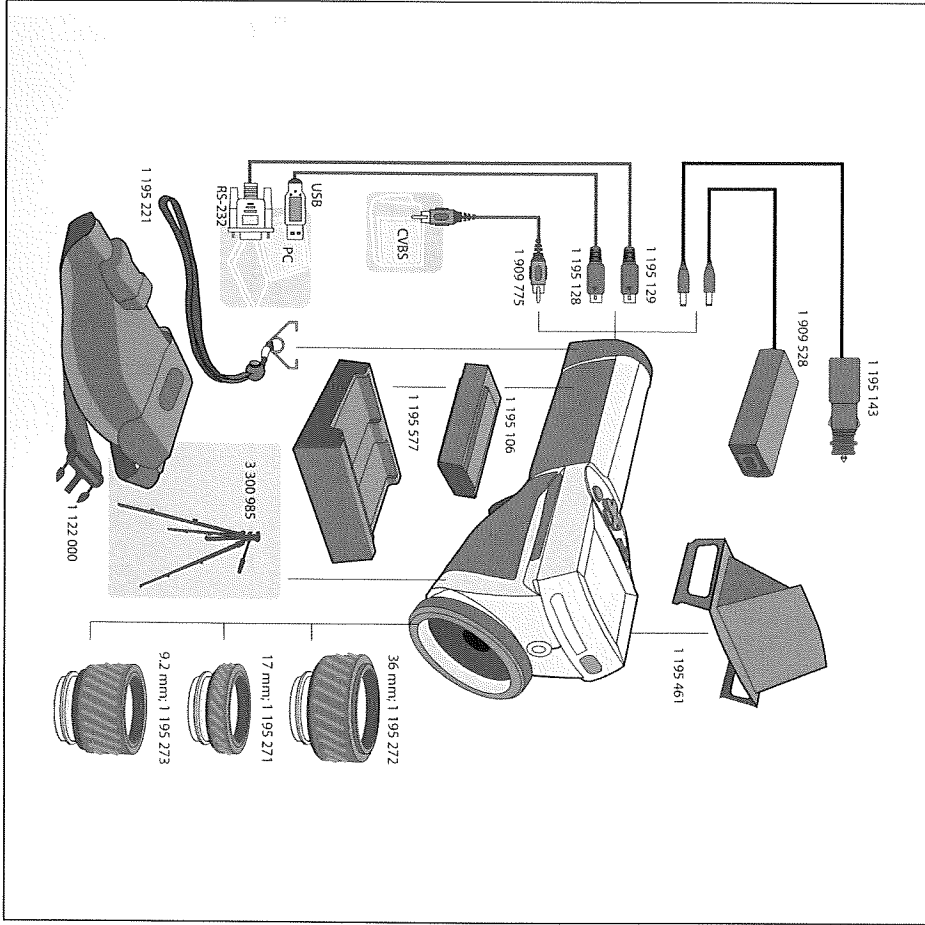


Figura 5.1 Descripción general del sistema

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

6 Conexión de los componentes del sistema

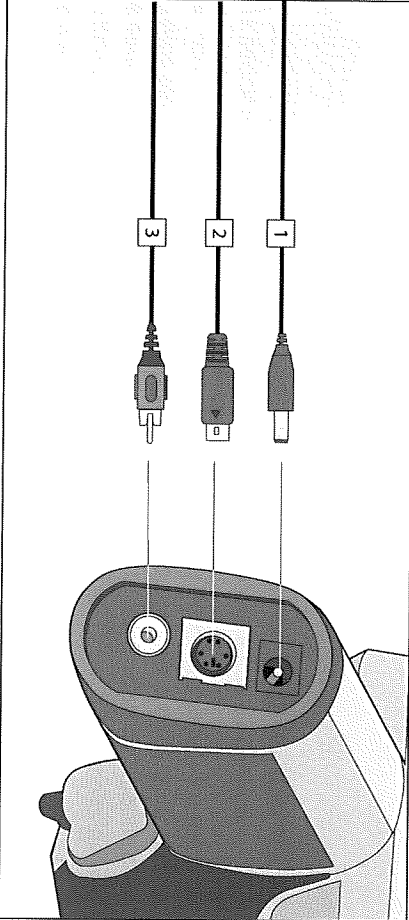


Figura 6.1 Conexión de los componentes del sistema

Figura 6.2 Explicación de la leyenda

Leyenda	Explicación
1	Cable de alimentación eléctrica (11-16 VCC)
2	Cable USB / RS-232
3	Cable de vídeo (CVBS, es decir, vídeo compuesto)

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

7 Introducción a la inspección termográfica de instalaciones eléctricas

7.1 *Nota importante*

Es posible que no todas las funciones y características de la cámara descritas en esta sección sean compatibles con la configuración concreta de su cámara.

Las normativas eléctricas son diferentes en cada país. Por ese motivo, los procedimientos eléctricos descritos en esta sección pueden no coincidir con los procedimientos estándar de su país. Además, en muchos países la realización de inspecciones eléctricas requiere una cualificación formal determinada. Consulte siempre las normativas eléctricas nacionales y regionales vigentes.

7.2 *Información general*

7.2.1 *Introducción*

Hoy en día, la termografía es una técnica muy consolidada para la inspección de instalaciones eléctricas. Fue la primera aplicación de la termografía, y sigue siendo la más importante. Las propias cámaras de infrarrojos se han visto sometidas a un desarrollo explosivo y, hoy en día, estamos en disposición de afirmar que la octava generación de sistemas infográficos ya está disponible. Todo empezó hace más de 40 años, en 1964. Ahora la técnica está consolidada en todo el mundo. Tanto los países en vías de desarrollo como los industrializados han adoptado esta técnica.

La termografía, junto con el análisis de vibraciones, ha sido durante las últimas décadas el principal método de la industria para diagnosticar fallos, como parte de los programas de mantenimiento preventivo. La gran ventaja de estos métodos es que permiten inspeccionar las instalaciones cuando están en funcionamiento; de hecho, en una situación normal de trabajo es un prerequisite para que los resultados de la medición sean correctos, por lo que no es necesario interrumpir los procesos de producción en curso. La inspección termográfica de instalaciones eléctricas se emplea en tres áreas principales:

- Generación de energía
- Transmisión de energía
- Distribución de energía (es decir, empleo industrial de la energía eléctrica)

El hecho de que estos controles se lleven a cabo en condiciones normales de funcionamiento ha creado una división natural entre estos grupos. Las empresas de generación de energía realizan las mediciones en períodos de gran carga. Estos períodos son distintos en cada país y zona climática. Los períodos de medición también pueden variar dependiendo del tipo de planta inspeccionada (hidroeléctrica, nuclear, basada en carbón o en petróleo).

En la industria (al menos en los países septentrionales, en los que existen claras diferencias entre las estaciones), las inspecciones se llevan a cabo en primavera u otoño, o antes de paradas de larga duración en la producción. Por lo tanto, las reparaciones se llevan a cabo en momentos en los que la producción estaría detenida de todas formas. No obstante, esta regla parece aplicarse cada vez menos, con lo que actualmente se llevan a cabo inspecciones de las plantas en diferentes situaciones de carga y funcionamiento.

7.2.2 Datos generales del equipo

El equipo que se va a inspeccionar presenta un comportamiento determinado en cuanto a la temperatura, que el termógrafo debe conocer antes de llevar a cabo la inspección. En el caso del equipo eléctrico, el principio físico de por qué los fallos muestran un patrón de temperatura diferente debido a un aumento de la resistencia o de la corriente eléctrica es bien conocido.

No obstante, resulta útil recordar que en algunos casos, por ejemplo en las válvulas solenoides, el calentamiento es natural y no corresponde a un defecto del desarrollo. En otros casos, como en las conexiones de los motores eléctricos, el calentamiento puede depender del hecho de que las piezas en buen estado están afrontando toda la carga y por lo tanto se recalientan. Observe un ejemplo similar en la sección 7.5.7 – Recalentamiento en una pieza como resultado de un fallo en otra, en la página 34.

Por lo tanto, las piezas defectuosas del equipo eléctrico pueden indicar calentamiento o estar más frías que los componentes normales en buen estado. Es necesario conocer los comportamientos esperados, recopilando tanta información como sea posible sobre el equipo antes de inspeccionarlo.

No obstante, la regla general es que un punto caliente probablemente esté causado por un defecto. La temperatura y la carga del componente en concreto en el momento de la inspección proporcionarán un indicador de la seriedad del fallo y de la gravedad que puede alcanzar en otras situaciones.

Una evaluación correcta en cada caso específico requiere información detallada sobre el comportamiento térmico de los componentes, es decir, es necesario conocer la temperatura máxima permitida para los materiales implicados y el papel que juega el componente en el sistema.

El aislamiento de los cables, por ejemplo, pierde sus propiedades aislantes a partir de cierta temperatura, lo que aumenta el riesgo de incendio.

En el caso de los conmutadores, si la temperatura es demasiado alta, podrían fundirse, con lo que resultaría imposible abrirlos y quedarían inutilizados.

Cuanto más sepa el operador de la cámara de infrarrojos sobre el equipo que pretende inspeccionar, más elevada será la calidad de la inspección. Pero es virtualmente imposible que un termógrafo disponga de un conocimiento detallado sobre todos los tipos de equipos que supervisa. Por lo tanto, es una costumbre habitual que una persona responsable del equipo se encuentre presente durante la inspección.

7.2.3 Inspección

La preparación de la inspección debe incluir la elección del tipo de informe adecuado. Suele ser necesario utilizar equipo complementario, como amperímetros, para medir la corriente en los circuitos en los que se han encontrado defectos. Se necesitará un anemómetro si se desea medir la velocidad del viento durante la inspección de equipos exteriores.

Las funciones automáticas ayudan al operador a visualizar una imagen de infrarrojos de los componentes con el contraste adecuado para identificar fácilmente un fallo o punto caliente. Resulta casi imposible pasar por alto un punto caliente en un componente examinado. Una función de medición también muestra automáticamente el punto más caliente dentro de una zona de la imagen, o bien la diferencia entre la temperatura máxima de la zona seleccionada y una referencia que puede elegir el operador, por ejemplo la temperatura ambiente.

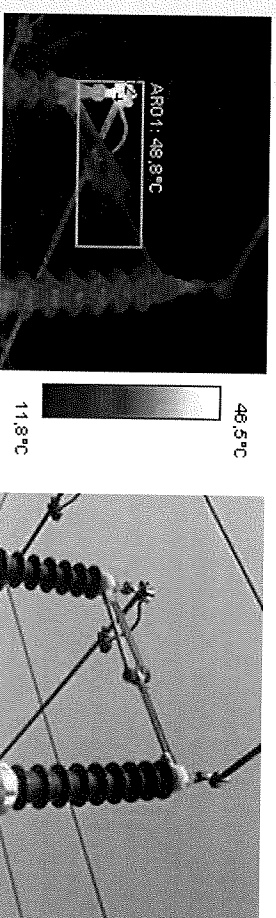


Figura 7.1 Imagen de infrarrojos y visual de un asistente de la línea de alimentación

Cuando el fallo está claramente identificado y el termógrafo ha comprobado que no es un reflejo ni un punto caliente producido de forma natural, comienza la recopilación de datos, que permite realizar un informe adecuado sobre el fallo. La emisividad, la identificación del componente y las condiciones de trabajo reales, junto con la tem-

peratura medida, son algunos de los elementos que se utilizarán en el informe. Para que resulte más sencillo identificar el componente, normalmente se toma una fotografía visual del defecto.

7.2.4 Clasificación e informes

Tradicionalmente, la generación de los informes ha sido la etapa del proceso en la que se emplea más tiempo. Una inspección de un día puede requerir uno o dos días de trabajo para clasificar los defectos detectados y generar un informe sobre ellos. Esta situación sigue dándose en el caso de muchos termógrafos, que han decidido no aprovechar las ventajas que los equipos informáticos y el software de informes actual ha proporcionado a la supervisión de estado por infrarrojos.

La clasificación de los defectos proporciona un medio con más detalles que no solo tiene en cuenta la situación en el momento de la inspección (que ciertamente tiene gran importancia), sino también la posibilidad de normalizar los excesos de temperatura para que se ajusten a situaciones de carga y temperatura ambiente normales.

Un exceso de temperatura de +30°C (+86°F) es ciertamente un fallo significativo. Pero si ese exceso de temperatura es válido para un componente que funciona con una carga del 100% y para otro que funciona al 50%, resulta evidente que el último alcanzará una temperatura mucho más elevada si su carga aumenta del 50% al 100%. Este estándar puede elegirse en función de las circunstancias de la planta. No obstante, lo más frecuente es realizar predicciones de temperaturas para una carga del 100%. Un estándar hace que resulte más sencillo comparar los fallos a lo largo del tiempo y, por tanto, realizar una clasificación más completa.

7.2.5 Prioridad

Según la clasificación de los defectos, el jefe de mantenimiento indica la prioridad de las reparaciones. Muy a menudo, la información recopilada durante el informe de infrarrojos se añade a información complementaria sobre el equipo recopilada por otros medios, como la supervisión de vibraciones, los ultrasonidos o el mantenimiento preventivo programado.

Aunque la inspección de infrarrojos se está convirtiendo rápidamente en el método más utilizado para recopilar información sobre los componentes eléctricos de forma segura con el equipo en condiciones normales de funcionamiento, hay muchas otras fuentes de información que el jefe de producción debe tener en cuenta.

Por lo tanto, la prioridad de las reparaciones no debe ser una tarea que corresponda al operador de la cámara de infrarrojos en situaciones normales. Por supuesto, si se detecta una situación crítica durante la inspección o la clasificación de los defectos, es necesario ponerlo en conocimiento del jefe de mantenimiento, pero la responsabilidad de determinar la urgencia de la reparación deberá ser de este último.

7.2.6 Reparación

Reparar los defectos conocidos es la función más importante del mantenimiento preventivo. No obstante, garantizar la producción en el momento adecuado o con el costo preciso también pueden ser metas importantes para un equipo de mantenimiento. La información proporcionada por el informe de infrarrojos se puede utilizar para mejorar la eficacia de las reparaciones, así como para alcanzar los demás objetivos con un riesgo calculado.

Supervisar la temperatura de un defecto conocido que no es posible reparar de inmediato (por ejemplo, porque no hay repuestos disponibles), a menudo compensa con creces el costo de una inspección e, incluso, el de la cámara de infrarrojos. Decidir no reparar los defectos conocidos para ahorrar en costos de mantenimiento y evitar tiempos de inactividad innecesarios puede ser otro modo de utilizar la información del informe de infrarrojos de forma productiva.

No obstante, el resultado más común de la identificación y clasificación de los fallos detectados es una recomendación de realizar las reparaciones de inmediato o tan pronto como sea posible de forma práctica. Es importante que el equipo de reparaciones sea consciente de los principios físicos para la identificación de los defectos. Si un defecto muestra una temperatura elevada y está en una situación crítica, es muy común que el personal de reparación espere encontrar un componente muy corroído. No obstante, el equipo de reparaciones debe saber también que una conexión normalmente en buen estado pero suelta puede presentar las mismas temperaturas elevadas que una corroída. Estas interpretaciones incorrectas son muy comunes y ponen en peligro la fiabilidad del informe de infrarrojos.

7.2.7 Control

El control de un componente reparado debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible tras la reparación. No es eficiente esperar al siguiente informe de infrarrojos programado para combinar una nueva inspección con el control de los defectos reparados. Las estadísticas sobre el efecto de las reparaciones demuestran que un tercio de los defectos reparados siguen presentando recalentamiento. Esto es lo mismo que decir que dichos defectos presentan un riesgo potencial de fallo.

Esperar al siguiente informe de infrarrojos programado representa un riesgo innecesario para la planta.

Además de aumentar la eficacia del ciclo de mantenimiento (medida en términos de menor riesgo para la planta), el control inmediato de los trabajos de reparación proporciona otras ventajas al rendimiento del propio personal de reparación.

Cuando un defecto sigue mostrando recalentamiento después de la reparación, la determinación de la causa de dicho recalentamiento mejora el procedimiento de reparación, facilita la elección de los mejores proveedores de componentes y permite

detectar defectos de diseño en la instalación eléctrica. El personal podrá observar rápidamente el efecto de su trabajo y aprenderá rápidamente de las reparaciones correctas y de los errores que cometan.

Otro motivo para proporcionar al personal de reparación instrumental de infrarrojos es que muchos de los defectos detectados durante el informe de infrarrojos son de escasa gravedad. En lugar de repararlos, con el consiguiente consumo de tiempo de mantenimiento y producción, se puede tomar la decisión de mantener estos defectos bajo control. Por lo tanto, el personal de mantenimiento debe tener acceso a su propio equipo de infrarrojos.

Es muy frecuente anotar en el formulario de informe el tipo de error observado durante la reparación, así como la acción llevada a cabo. Estas observaciones constituyen una importante fuente de experiencia que puede emplearse para reducir las existencias de repuestos, seleccionar los mejores proveedores o formar a nuevo personal de mantenimiento.

7.3 Técnica de medición para la inspección termográfica de instalaciones eléctricas

7.3.1 Cómo configurar correctamente el equipo

Una imagen térmica puede mostrar elevadas variaciones de temperatura:

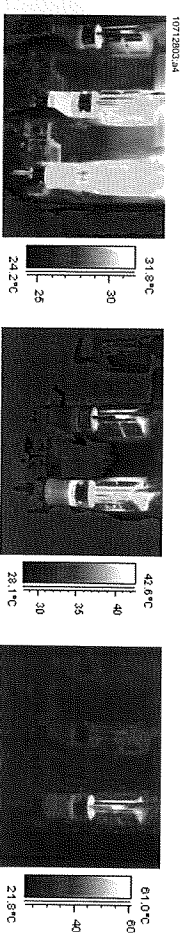


Figura 7.2 Variaciones de temperatura en una caja de fusibles

En las imágenes anteriores, el fusible de la derecha tiene una temperatura máxima de +61°C (+142°F), mientras que el de la izquierda tiene una temperatura máxima de +32°C (+90°F) y el de en medio está entre ambas temperaturas. Las tres imágenes son diferentes, dado que la escala de temperatura sólo mejora un fusible en cada imagen. No obstante, es la misma imagen y toda la información sobre los tres fusibles está ahí. Todo es cuestión de definir los valores de escala de temperaturas.

7.3.2 Medición de temperatura

Algunas cámaras actuales pueden encontrar automáticamente la temperatura más elevada de las imágenes. La imagen siguiente muestra el aspecto que presenta al operador.

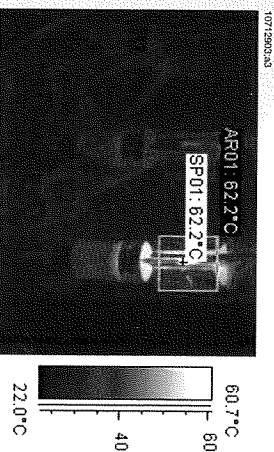


Figura 7.3 Imagen de infrarrojos de una caja de fusibles que muestra la temperatura máxima

La temperatura máxima de esta zona es de +62,2°C (+144,0°F). El medidor del punto muestra la ubicación exacta del punto caliente. La imagen puede almacenarse fácilmente en la memoria de la cámara.

No obstante, la medición correcta de la temperatura no sólo depende de la función del software de evaluación o de la cámara. Puede ocurrir que el fallo real sea, por ejemplo, una conexión que la cámara no detecte en la posición en que se encuentre

en ese momento. Puede ocurrir que mida el calor, conducido desde una cierta distancia, mientras que el punto caliente real permanece oculto. En la imagen siguiente observará un ejemplo.

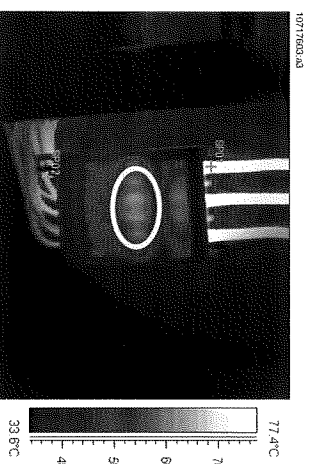


Figura 7.4 Punto caliente oculto en una caja

Intente elegir ángulos diferentes y asegúrese de que la zona caliente se observe a tamaño completo, es decir, que no desaparezca tras otro objeto que pueda ocultar el punto más caliente. En esta imagen, el punto más caliente que la cámara puede "ver", es de $+83^{\circ}\text{C}$ ($+181^{\circ}\text{F}$), mientras que la temperatura de funcionamiento de los cables que hay bajo la caja es de $+60^{\circ}\text{C}$ ($+140^{\circ}\text{F}$). No obstante, lo más probable es que el auténtico punto caliente esté oculto dentro de la caja (observe el área rodeada por un círculo amarillo). El informe de este error indicará un exceso de temperatura de $+23^{\circ}\text{C}$ ($+41.4^{\circ}\text{F}$), pero el auténtico problema probablemente indique un exceso de calor aún mayor.

Otro motivo que puede hacer que se subestime la temperatura de un objeto es un mal enfoque. Es muy importante que el punto caliente detectado esté enfocado. Observe el siguiente ejemplo.

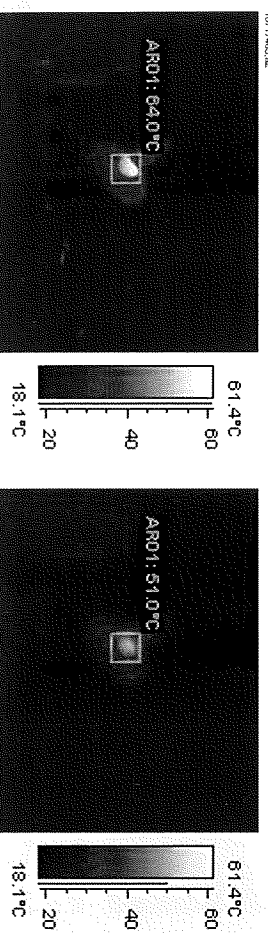


Figura 7.5 IZQUIERDA: Un punto caliente enfocado; DERECHA: Un punto caliente desenfocado.

En la imagen de la izquierda, la lámpara está enfocada. La temperatura media es de $+64^{\circ}\text{C}$ ($+147^{\circ}\text{F}$). En la imagen de la derecha, la lámpara está desenfocada, lo que provoca que la temperatura máxima detectada sea únicamente de $+51^{\circ}\text{C}$ ($+124^{\circ}\text{F}$).

7.3.3 Medición comparativa

Para la inspección termográfica de instalaciones eléctricas se emplea un método especial, basado en la comparación de diferentes objetos, denominado *medición con referencia*. Esto únicamente significa que se comparan las tres fases entre ellas. Este método requiere un examen sistemático de las tres fases en paralelo para evaluar si un punto difiere del patrón normal de temperatura.

Un patrón normal de temperatura significa que los componentes que transportan la corriente tienen una temperatura de funcionamiento dada que aparece en un determinado color (o tono de gris) en la pantalla, que es normalmente idéntico en las tres fases si la carga es simétrica. Pueden darse diferencias menores en el color en la ruta de la corriente, por ejemplo, en la unión entre dos materiales diferentes, en zonas con incremento o reducción de conductores o en los conmutadores de circuitos, en los que la ruta de la corriente está encapsulada.

La siguiente imagen muestra tres fusibles cuyas temperaturas son muy cercanas. De hecho, la isoterma insertada muestra una diferencia de temperatura inferior a $+2^{\circ}\text{C}$ ($+3.6^{\circ}\text{F}$) entre las fases.

Los colores diferentes suelen darse como resultado de que las distintas fases transporten una carga asimétrica. La diferencia de colores no representa recalentamiento, dado que no se produce en una ubicación concreta, sino que es constante en toda la fase.



Figura 7.6 Isoterma en una imagen de infrarrojos de una caja de fusibles

Un auténtico punto caliente, por otra parte, muestra una temperatura en aumento a medida que se observa más de cerca el origen del calor. Observe la imagen siguiente, en la que el perfil (línea) muestra una temperatura con un aumento fijo hasta aproximadamente $+93^{\circ}\text{C}$ ($+199^{\circ}\text{F}$) en el punto caliente.

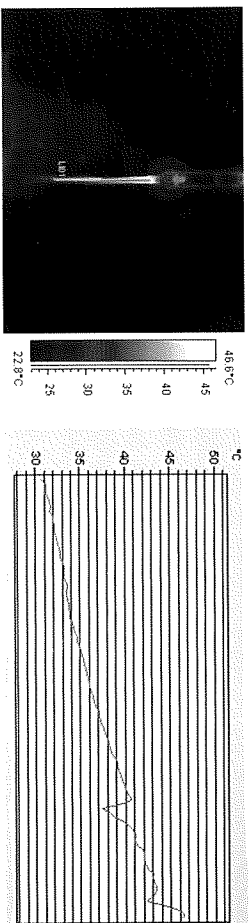


Figura 7.7 Perfil (línea) de una imagen de infrarrojos y un gráfico que muestra el incremento de temperatura

7.3.4 Temperatura normal de funcionamiento

La medición de temperatura mediante la termografía, normalmente proporciona la temperatura absoluta del objeto. Para evaluar correctamente si el componente está demasiado caliente, es necesario conocer su temperatura de funcionamiento, es decir, la temperatura normal si tenemos en cuenta la carga y la temperatura del entorno.

Dado que la medición directa proporciona la temperatura absoluta, que también debe tenerse en cuenta (ya que la mayoría de los componentes tienen un límite de temperatura absoluta máxima), resulta necesario calcular la temperatura de funcionamiento esperada, dada la carga y la temperatura ambiente. Tenga en cuenta las siguientes definiciones:

- Temperatura de funcionamiento: temperatura absoluta del componente. Depende de la carga de corriente y de la temperatura ambiente. Siempre es superior a la temperatura ambiente.
- Exceso de temperatura (recalentamiento): diferencia de temperatura entre un componente que funciona correctamente y uno defectuoso.

El exceso de temperatura es la diferencia entre la temperatura de un componente normal y la de un componente vecino. Es importante comparar entre ellos los mismos puntos de las diferentes fases.

A modo de ejemplo, observe las siguientes imágenes realizadas a un equipo de interior:

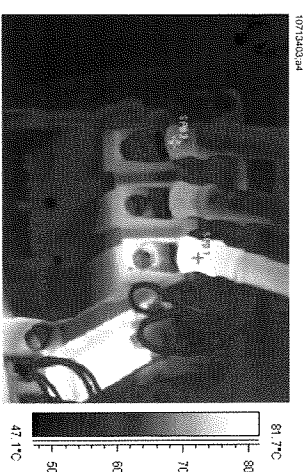


Figura 7.8 Imagen de infrarrojos de equipo eléctrico interior (1)

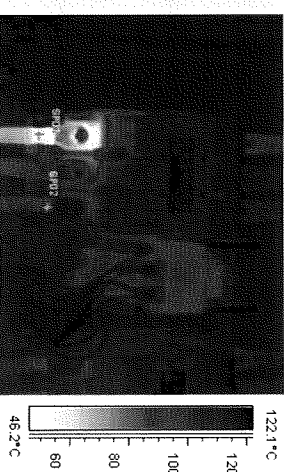


Figura 7.9 Imagen de infrarrojos de equipo eléctrico interior (2)

Las dos fases de la izquierda se consideran normales, mientras que la fase de la derecha muestra claramente un exceso de temperatura. De hecho, la temperatura de funcionamiento de la fase izquierda es de $+68^{\circ}\text{C}$ ($+154^{\circ}\text{F}$), es decir, una temperatura importante, mientras que la fase defectuosa de la derecha muestra una temperatura de $+86^{\circ}\text{C}$ ($+187^{\circ}\text{F}$). Esto significa un exceso de temperatura de $+18^{\circ}\text{C}$ ($+33^{\circ}\text{F}$), es decir, un fallo que precisa atención urgentemente.

Por motivos prácticos, la temperatura de funcionamiento (normal, esperada) de un componente se toma como la temperatura de los componentes en al menos dos de tres fases, siempre y cuando se considere que funcionan normalmente. Por supuesto, el caso más normal es que las tres fases presenten la misma temperatura o al menos una muy similar. La temperatura de funcionamiento de los componentes exteriores en subestaciones o líneas de alimentación suele ser únicamente de 1°C o 2°C por encima de la temperatura del aire (1.8°F o 3.6°F). En subestaciones interiores, las temperaturas de funcionamiento varían mucho más.

Este hecho también se observa con mucha claridad en la imagen inferior. En ella la fase de la izquierda es la que muestra un exceso de temperatura. La temperatura de funcionamiento, tomada desde las dos fases "frías", es de +66°C (+151°F). La fase defectuosa muestra una temperatura de +127°C (+261°F) que es necesario solucionar de inmediato.

7.3.5 Clasificación de los errores

Una vez detectada una conexión defectuosa, puede ser necesario o no tomar medidas para resolverla. Para recomendar la acción más adecuada, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Carga durante la medición
- Carga idéntica o variable
- Posición de la pieza defectuosa en la instalación eléctrica
- Situación de carga esperada en el futuro
- ¿Se ha medido el exceso de temperatura directamente en el punto defectuoso, o indirectamente a través del calor conducido causado por algún fallo dentro del aparato?

Los excesos de temperatura medidos directamente en las piezas defectuosas suelen dividirse en tres categorías, en relación con el 100% de la carga máxima.

I	< 5°C (9°F)	Inicio de la situación de recalentamiento. Debe supervisarse con atención.
II	5-30°C (9-54°F)	Recalentamiento desarrollado. Debe repararse lo antes posible (reflexionando sobre la situación de carga antes de tomar una decisión).
III	> 30°C (54°F)	Recalentamiento grave. Debe repararse de inmediato (reflexionando sobre la situación de carga antes de tomar una decisión).

7.4 Informes

Actualmente, las inspecciones termográficas de instalaciones eléctricas, probablemente sin excepción, se documentan y registran en informes con la ayuda de programas informáticos. Estos programas, que son diferentes dependiendo del fabricante, suelen estar adaptados directamente a cada cámara, por lo que realizar informes se convierte en un proceso muy rápido y sencillo.

El programa empleado para crear la página de informe que observará a continuación se llama ThernaCAM™ Reporter. Está adaptado a varios tipos de cámaras de infrarrojos de FLIR Systems.

Un informe profesional suele dividirse en dos secciones:

- La portada, con datos sobre la inspección, como los siguientes:
 - Datos sobre el cliente, por ejemplo, el nombre de la empresa y la persona de contacto
 - Ubicación de la inspección: dirección de las instalaciones, ciudad, etc.
 - Fecha de la inspección
 - Fecha del informe
 - Nombre del termógrafo
 - Firma del termógrafo
 - Resumen o índice de contenido

■ Páginas de la inspección con imágenes de infrarrojos para documentar y analizar propiedades o anomalías térmicas

□ Identificación del objeto inspeccionado:

- Características del objeto: designación, nombre, número, etc.
- Foto

□ Imagen de infrarrojos. Al recopilar imágenes de infrarrojos hay que tener en cuenta algunos aspectos:

- Entoque óptico
- Ajuste térmico de la escena o el problema (nivel y campo)
- Composición: distancia de observación y ángulo de visualización adecuados.

□ Comentario

- ¿Hay alguna anomalía o no?
- ¿Hay reflejos o no?
- Utilice una herramienta de medición (punto, área o isoterma) para cuantificar el problema. Utilice la herramienta más sencilla posible (un gráfico de perfil casi nunca resulta necesario en los informes eléctricos).

FLIR SYSTEMS

THERMOGRAPHY INSPECTION for FLIR Systems AB

Date: 2005-10-10
 Sign: _____
 Contract: 1708

Photograph

Place	Building 1
Localization	Right panel, group 2
Equipment	Fuse
Model / type	BBC LHRN 250
Phase / ID	Supply for panel 8
Room temperature °C	15
Status	Over heated

Thermogram

Temp. Spot 1	34.3°C		
Temp. Spot 2	17.9°C		
TEMPERATURE DIFF	17 °C		
Phase	L1	L2	L3
Load (A)	45	47	47
Rated load	250		
Fault class	2		

Comment

Disconnect cable, clean contact surfaces. Check for connectivity between cable shoe and lead.
 Replace any defective component. Assemble according to directions with correct torque.

Note that load is only 18%. Calculated temperature rise at 50% load would be approximately 10K°C.
 [T50= (T1-T2)^(1.25/45) / 1.6+T2]

Corrected

Measure taken: _____

Sign: _____

Date: _____

Sign: _____

Seite 1

Figura 7.10 Ejemplo de informe

7.5 Distintos tipos de puntos calientes en instalaciones eléctricas

7.5.1 Reflexos

La cámara termográfica ve cualquier radiación que entra en la lente, no sólo la originada por el objeto que está observando, sino también la procedente de otros orígenes y reflejada por el objeto. La mayoría de las veces, los componentes eléctricos son como espejos para las radiaciones de infrarrojos, aunque no resulte evidente para el ojo humano. Las piezas de metal desnudo son especialmente brillantes, mientras que las piezas pintadas o aisladas con goma o plástico no suelen serlo. En la siguiente imagen observará claramente un reflejo del termógrafo. Por supuesto, no se trata de un punto caliente del objeto. Una manera eficaz de saber si lo que se observa es o no un reflejo, es moverse. Mire el objeto desde un ángulo diferente y observe el punto caliente. Si se mueve al moverse usted, es un reflejo.

No es posible realizar la medición de temperatura de detalles reflejados. El objeto de las siguientes imágenes tiene zonas pintadas, muy adecuadas para la medición de temperatura. El material es el cobre, un excelente conductor del calor. Eso significa que la variación de temperatura sobre la superficie es pequeña.

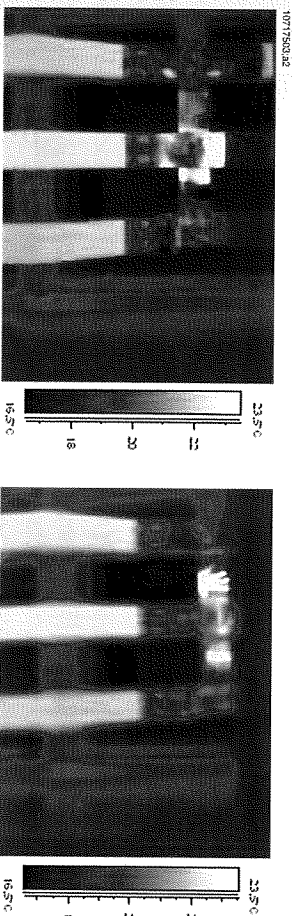


Figura 7.11 Reflejos en un objeto

7.5.5.2 Calor solar

La superficie de un componente con una gran emisividad, por ejemplo un conmutador, puede calentarse hasta alcanzar una temperatura bastante elevada en un día de verano, debido a la irradiación del sol. La imagen muestra un conmutador de circuitos, recalentado por el sol.

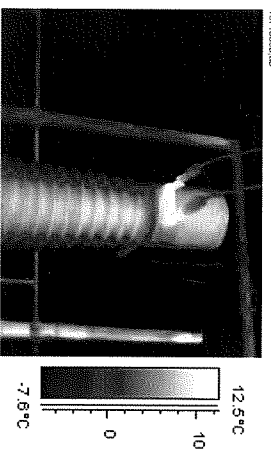


Figura 7.12 Imagen de infrarrojos de un conmutador de circuitos

7.5.3 Calor inductivo

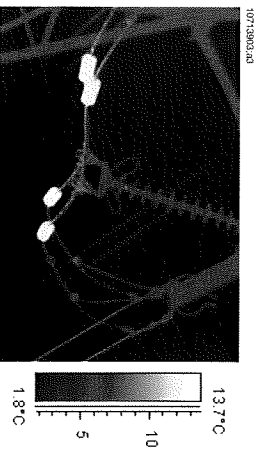


Figura 7.13 Imagen de infrarrojos de pesos estabilizadores calientes

Las corrientes inducidas pueden provocar puntos calientes en su ruta. En situaciones en las que hay corrientes muy elevadas y hay otros metales muy próximos se han llegado a producir incendios importantes. Este tipo de calentamiento se produce en materiales magnéticos que rodean la ruta de la corriente, como placas metálicas para aisladores pasantes. En la imagen anterior, hay pesos estabilizadores, a través de los cuales pasa una corriente elevada. Estos pesos metálicos, fabricados con un material ligeramente magnético, no conducen corriente alguna, pero están expuestos a campos magnéticos alternativos, que llegarán a calentar el peso. El recalentamiento de la imagen es inferior a $+5^{\circ}\text{C}$ ($+9^{\circ}\text{F}$). No obstante, esto no tiene por qué ocurrir siempre.

7.5.4 Variaciones de la carga

Los sistemas trifásicos son los utilizados habitualmente en las instalaciones eléctricas. Al buscar lugares recalentados, resulta sencillo comparar las tres fases directamente entre ellas (por ejemplo en cables, conmutadores y aislantes). Una carga similar en cada fase tiene como resultado un patrón de temperatura uniforme para las tres fases. De este modo, cuando la temperatura de una de las fases es muy diferente de la de las otras dos, normalmente se puede deducir que existe un fallo. No obstante,

siempre es conveniente asegurarse de que la carga está realmente distribuida de forma equilibrada. Para ello, basta con utilizar amperímetros fijos o acoplables (de hasta 600 A).

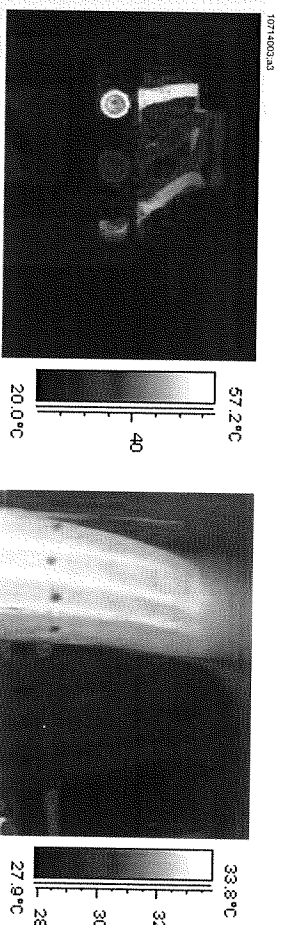


Figura 7.14 Ejemplos de imágenes de infrarrojos con variaciones de la carga

La imagen de la izquierda muestra tres cables. Están tan alejados que se pueden considerar aislados térmicamente entre sí. El central está más frío que los otros. A menos que las dos fases estén defectuosas y recalentadas, es un ejemplo típico de carga muy asimétrica. La temperatura se expande de modo similar en los cables, lo que indica un aumento de temperatura que depende de la carga, no de una conexión defectuosa.

La imagen de la derecha muestra dos lotes con cargas muy diferentes. De hecho, el lote de la derecha apenas transporta carga alguna. Los que llevan una carga de corriente considerable presentarían una temperatura aproximadamente 5°C (9°F) superior a los que no la llevan. En estos ejemplos no es necesario informar de ningún fallo.

7.5.5

Condiciones de refrigeración variables

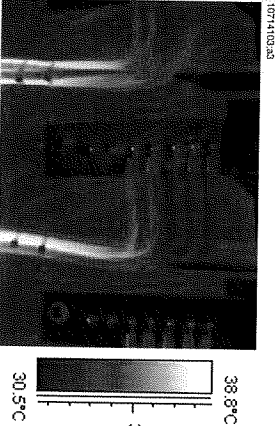


Figura 7.15 Imagen de infrarrojos de lotes de cables

Cuando, por ejemplo, varios cables están agrupados juntos, puede darse el caso de que la pobre refrigeración de los cables centrales como consecuencia de este agrupamiento haga que alcancen temperaturas más elevadas. Observe la imagen anterior.

Los cables de la derecha de la imagen no muestran recalentamiento junto a los tornillos. No obstante, en la parte vertical del grupo, los cables están muy juntos, la refrigeración de los cables es muy pobre, la convección no puede eliminar el calor y los cables están sensiblemente más calientes, unos 5°C (9°F) más que en la parte mejor refrigerada de los cables.

7.5.6 Variaciones de resistencia

El recalentamiento puede tener muchos orígenes. Se han descrito algunos motivos comunes anteriormente.

Una baja presión de contacto se puede producir al montar una junta, o bien por el desgaste de los materiales, por ejemplo al disminuir la tensión de los muelles, por hilos desgastados en la conexión con las tuercas y tornillos o incluso por aplicar demasiada fuerza durante el montaje. Al aumentar las cargas y las temperaturas, se sobrepasa el punto en que cede el material y se debilita la tensión.

La imagen de abajo a la izquierda muestra un mal contacto debido a un tornillo suelto. Dado que el mal contacto es de dimensiones muy limitadas, sólo provoca recalentamiento en un punto muy pequeño, desde el que el calor se distribuye de forma equilibrada por el cable de conexión. Observe la escasa emisividad del propio tornillo, que hace que parezca levemente más frío que el cable aislado (que por tanto tiene una gran emisividad).

La imagen de la derecha muestra otra situación de recalentamiento, en este caso de nuevo debida a una conexión suelta. Es una conexión exterior, por lo que está expuesta al efecto refrigerante del viento y es probable que el recalentamiento muestre una temperatura más elevada en caso de que la instalación fuera interior.

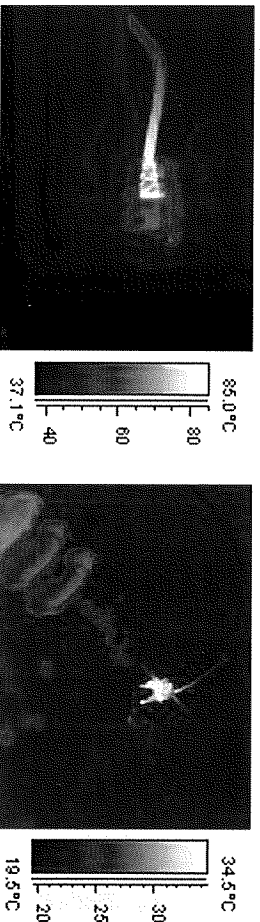


Figura 7.16 IZQUIERDA: Imagen de infrarrojos que muestra un mal contacto debido a un tornillo suelto; **DERECHA:** Una conexión exterior suelta, expuesta al efecto refrigerante del viento.

7.5.7

Recalentamiento en una pieza como resultado de un fallo en otra

En ocasiones, puede aparecer recalentamiento en un componente aunque esté en buen estado. El motivo es que dos conductores compartan la carga. Uno de los conductores tiene una resistencia aumentada, pero el otro está en buen estado. Por

lo tanto, el componente defectuoso transporta una carga inferior, mientras que el que está en buen estado se ve obligado a transportar una carga mayor, que puede ser excesiva y provocar el aumento de temperatura. Observe la imagen.

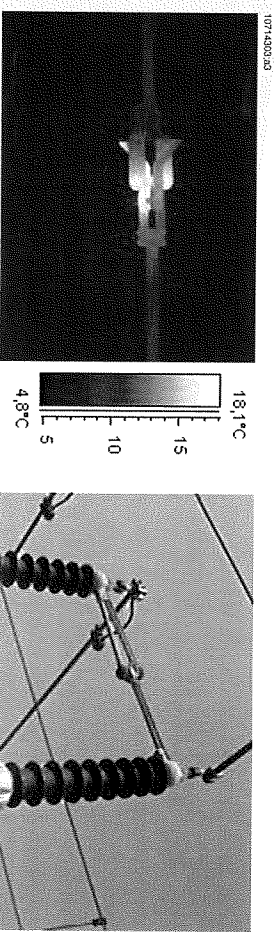


Figura 7.17 Recalentamiento en un conmutador de circuitos

Probablemente el recalentamiento de este conmutador de circuitos esté provocado por un mal contacto en el dedo más cercano del contactor. Por lo tanto, el dedo más lejano transporta una corriente superior y se calienta más. (El componente de la imagen de infrarrojos y el de la foto no es el mismo, aunque es muy similar.)

7.6 Factores de interferencias en la inspección termográfica de instalaciones eléctricas

Durante la inspección termográfica de diferentes tipos de instalaciones eléctricas, algunos factores de interferencias como el viento, la distancia al objeto, la lluvia o la nieve, suelen influir en los resultados de las mediciones.

7.6.1 Viento

En las inspecciones exteriores debe tenerse en cuenta el efecto refrigerante del viento. Un recalentamiento medido a una velocidad de viento de 5 m/s (10 nudos) será aproximadamente el doble de elevado que uno medido a 1 m/s (2 nudos). Un exceso de temperatura medido a 8 m/s (16 nudos) será 2,5 veces superior a uno medido a 1 m/s (2 nudos). Este factor de corrección, basado en mediciones empíricas, normalmente es aplicable hasta 8 m/s (16 nudos).

No obstante, hay casos en los que es necesario realizar inspecciones incluso con vientos superiores a 8 m/s (16 nudos). Hay muchos lugares con fuertes vientos en el mundo (islas, montañas, etc.), pero es importante saber que los componentes recalentados que se detecten mostrarían unas temperaturas mucho más elevadas con una velocidad de viento inferior. Es posible calcular el factor de corrección empírico.

Velocidad del viento (m/s)	Velocidad del viento (nudos)	Factor de corrección
1	2	1
2	4	1.36
3	6	1.64
4	8	1.86
5	10	2.06
6	12	2.23
7	14	2.40
8	16	2.54

El recalentamiento medido multiplicado por el factor de corrección indica el exceso de temperatura sin viento (es decir, a 1 m/s [2 nudos]).

7.6.2 Lluvia y nieve

La lluvia y la nieve también tienen un efecto refrigerante sobre el equipo eléctrico. La medición termográfica puede llevarse a cabo con resultados satisfactorios en situaciones de nevada ligera con nieve seca o llovizna. La calidad de la imagen se deteriorará en situaciones de lluvia o nieve intensa y no será posible realizar mediciones

fiabiles. Esto se debe principalmente a que tanto la lluvia como las nevadas intensas son impenetrables para la radiación infrarroja, y la cámara mide en esos casos la temperatura de los copos de nieve o las gotas de lluvia.

7.6.3 Distancia al objeto

Esta imagen ha sido tomada desde un helicóptero a 20 metros (66 pies) de distancia de la conexión defectuosa. Esta distancia se definió incorrectamente como de 1 metro (3 pies) y los resultados de la medición de temperatura fueron de +37,9°C (+100,2°F). El valor de la medición después de cambiar la distancia a 20 metros (66 pies) justo a continuación, aparece en la imagen de la derecha, en la que la temperatura corregida es de +38,8°C (+101,8°F). La diferencia no es demasiado importante, pero en algunos casos puede hacer que el fallo tenga un tipo de gravedad diferente. De modo que no debe subestimarse la importancia de la configuración de la distancia.

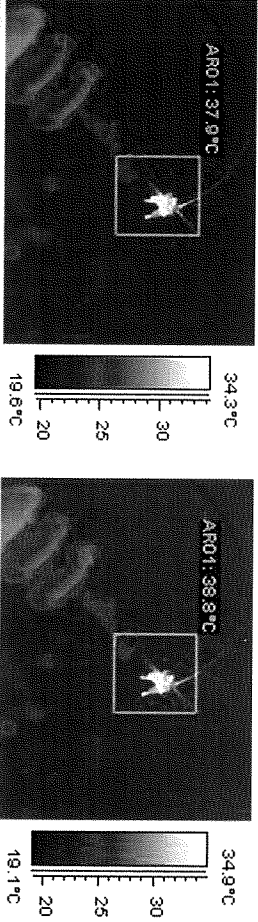


Figura 7.18 IZQUIERDA: Configuración de distancia incorrecta. DERECHA: Configuración de distancia correcta.

Las siguientes imágenes muestran las lecturas de temperaturas de un cuerpo negro a +85°C (+185°F) con distancias cada vez mayores.

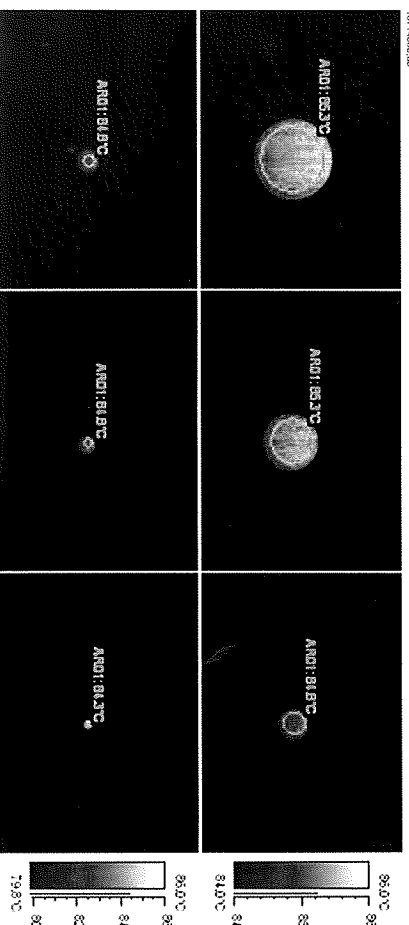


Figura 7.19 Lecturas de temperatura de un cuerpo negro a +85°C (+185°F) con distancias cada vez mayores

Las temperaturas medias medidas son, de izquierda a derecha, +85,3°C (+185,5°F), +85,3°C (+185,5°F), +84,8°C (+184,6°F), +84,8°C (+184,6°F) y +84,3°C (+183,7°F) para un cuerpo negro de +85°C (+185°F). Los termogramas han sido tomados con una lente de 12". Las distancias son de 1, 2, 3, 4, 5 y 10 metros (3, 7, 10, 13, 16 y 33 pies). La corrección de la distancia ha sido definida de forma meticulosa y funcional, dado que el objeto es lo suficientemente grande como para que las mediciones sean correctas.

7.6.4 Tamaño de objeto

La segunda serie de imágenes a continuación muestra lo mismo, pero con la lente normal de 24". En este caso, las temperaturas medias medidas del cuerpo negro de +85°C (+185°F) son las siguientes: +84,2°C (+183,6°F), +83,7°C (+182,7°F), +83,3°C (+181,9°F), +83,3°C (+181,9°F), +83,4°C (+182,1°F) y +78,4°C (+173,1°F).

El último valor, (+78,4°C [+173,1°F]), es la temperatura máxima, dado que no era posible colocar un círculo dentro de la imagen (en ese momento muy pequeña) del cuerpo negro. Obviamente, no es posible medir valores correctos si el objeto es demasiado pequeño. La distancia estaba configurada adecuadamente a 10 metros (33 pies).

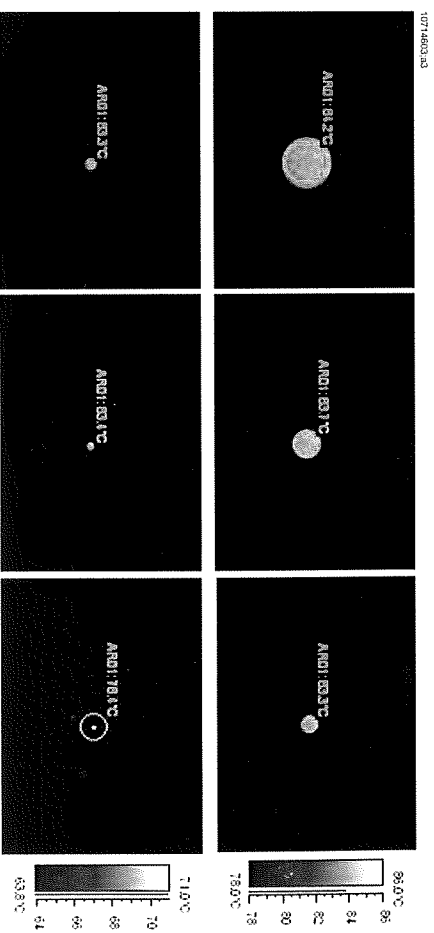


Figura 7.20 Lecturas de temperatura de un cuerpo negro a +85°C (+185°F) con distancias cada vez mayores (lente de 24")

El motivo de este efecto es que hay un tamaño de objeto mínimo para que sea posible proporcionar una medición de temperatura correcta. Todas las cámaras de FLIR Systems indican al usuario dicho tamaño mínimo. La siguiente imagen muestra lo que observa el usuario en el visor del modelo de cámara 695. El medidor del punto tiene una apertura en el centro, que se observa más fácilmente en el detalle de la derecha. El tamaño del objeto tiene que ser mayor que la apertura o la radiación de los vecinos más cercanos, mucho más fríos, también se introducirán en la medición, reduciendo en gran medida la lectura. En el caso anterior, en el que tenemos un objeto en forma de punta, mucho más caliente que los alrededores, la lectura de temperatura será demasiado baja.

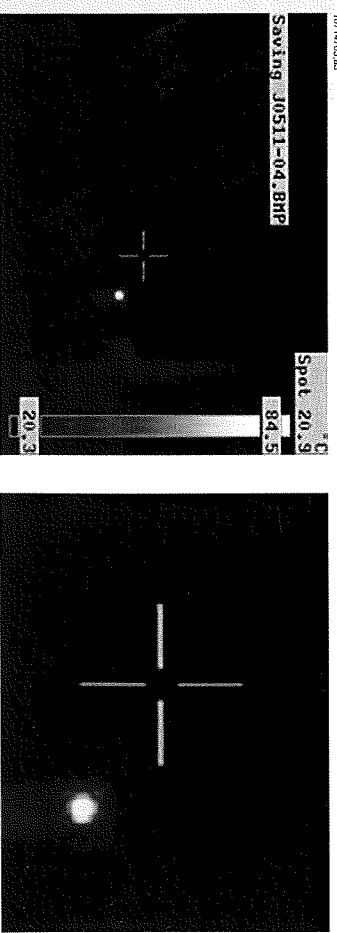


Figura 7.21 Imagen del visor de una ThermoCAM 695

Este efecto se debe a imperfecciones en la óptica y al tamaño de los elementos del detector. Es lo normal en todas las cámaras de infrarrojos y no es posible evitarlo.

7.7 Consejos prácticos para el termógrafo

Al trabajar en la práctica con la cámara, descubrirá pequeños detalles que harán que su trabajo resulte más sencillo. A continuación le proporcionamos diez de ellos para empezar.

7.7.1 De frío a calor

Ha estado fuera con la cámara, con una temperatura de $+5^{\circ}\text{C}$ ($+41^{\circ}\text{F}$). Para continuar el trabajo, ahora debe llevar a cabo una inspección interior. Si lleva gafas, estará acostumbrado a tener que limpiar el agua condensada de ellas para poder ver correctamente. Lo mismo ocurre con la cámara. Para realizar las mediciones correctamente, deberá esperar a que la cámara esté lo bastante caliente para que la condensación se evapore. De este modo, el sistema interno de compensación de la temperatura también tendrá el tiempo necesario para ajustarse a la nueva situación.

7.7.2 Lluvia

Si empieza a llover no es recomendable llevar a cabo la inspección, dado que el agua modificará drásticamente la temperatura de la superficie del objeto que esté midiendo. No obstante, en ocasiones se verá obligado a utilizar la cámara incluso en situaciones de lluvia intensa. Proteja la cámara con una simple bolsa de plástico transparente de polietileno. La corrección para la atenuación causada por la bolsa de plástico puede lograrse ajustando la distancia a los objetos hasta que la lectura de temperatura sea la misma que sin la protección del plástico. Algunos modelos de cámara tienen una entrada distinta para la **Transmisión de la óptica externa**.

7.7.3 Emisividad

Debe determinar la emisividad del material que está midiendo. Normalmente no encontrará el valor en una tabla. Utilice pintura óptica negra, es decir, Nextel Black Velvet. Pinte una pequeña parte del material con el que esté trabajando. La emisividad de la pintura óptica suele ser normalmente de 0,94. Recuerde que el objeto debe tener una temperatura diferente (normalmente superior) a la temperatura ambiente. Cuando mayor sea la diferencia, mayor será la precisión del cálculo de emisividad. La diferencia debe ser de al menos 20°C (36°F). Recuerde que hay otras pinturas que admiten temperaturas muy elevadas, de hasta $+800^{\circ}\text{C}$ ($+1472^{\circ}\text{F}$). No obstante, la emisividad puede ser menor que la del negro óptico.

En ocasiones no podrá pintar el objeto que esté midiendo. En este caso, puede utilizar una cinta. Una fina cinta para la que haya determinado la emisividad anteriormente funcionará en la mayoría de los casos, y podrá quitarla cuando haya terminado sin dañar el objeto que esté estudiando. Tenga en cuenta que algunas cintas son semi-

transparentes y por lo tanto, no muy adecuadas para estos fines. Una de las mejores cintas para este propósito es la cinta eléctrica Scotch para exteriores y temperaturas bajo cero.

7.7.4 Temperatura aparente reflejada

Está en una situación de medición en la que varias fuentes de calor influyen en las mediciones. Necesita disponer del valor adecuado para la temperatura aparente reflejada, a fin de introducirla en la cámara y obtener la mejor corrección posible. Hágalo de la siguiente forma: establezca un valor de emisividad de 1,0. Ajuste la lente de la cámara al enfoque más cercano y, mirando en la dirección opuesta alejándose del objeto, guarde una imagen. Con la zona o isoterma, determine el valor medio más probable de la imagen y utilice el valor como entrada de la temperatura aparente reflejada.

7.7.5 Objeto demasiado lejano

¿No está seguro de que la cámara esté midiendo correctamente a la distancia real? Una regla general para la lente es multiplicar el valor IFOV por 3. (IFOV es el detalle del objeto visto por un único elemento del detector). Ejemplo: 25 grados corresponden a aproximadamente 437 mrad. Si la cámara tiene una imagen de 120×120 píxeles, el valor IFOV pasa a ser de $437/120 = 3,6$ mrad ($3,6$ mm/m) y la relación de tamaño del punto es de aproximadamente $1000/(3 \times 3,6) = 92:1$. Eso significa que a una distancia de 9,2 metros (30,2 pies), el objeto debe ser de al menos 0,1 metro o 100 mm de ancho (3,9 pulgadas). Intente asegurar los resultados acercándose más de 9 metros (30 pies). A 7–8 metros (23–26 pies), las mediciones deben ser correctas.

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

8 Tutoriales

8.1 Encendido y apagado de la cámara

8.1.1 Encendido de la cámara

Paso	Acción
1	Inserte la batería en el compartimento correspondiente.
2	Presione PWR/NO para encender la cámara.

8.1.2 Apagado de la cámara

Paso	Acción
1	Para apagar la cámara, presione y mantenga presionado PWR/NO hasta que aparezca el mensaje Se apaga... Al presionar brevemente PWR/NO cuando el modo menú esté activo, se cancelarán las selecciones realizadas en el menú.

8.2 Trabajo con imágenes

8.2.1 Adquisición de una imagen

Paso	Acción
1	Dirija la cámara hacia un elemento que emita calor, como una cara o una mano.
2	Ajuste el enfoque mediante la anilla de enfoque, situada en la lente. ➔ Para diferenciar la anilla de bloqueo de la anilla de enfoque, consulte la figura de la página 51. Si se intenta ajustar el enfoque mediante la anilla de bloqueo, se extraerá la lente.
3	Si la cámara se encuentra en el modo de ajuste manual, presione y mantenga presionado el botón SEL durante más de un segundo para que la cámara se ajuste automáticamente.

8.2.2 Congelación de una imagen

Paso	Acción
1	Ajuste el enfoque mediante la anilla de enfoque, situada en la lente. ➔ Para diferenciar la anilla de bloqueo de la anilla de enfoque, consulte la figura de la página 51. Si se intenta ajustar el enfoque mediante la anilla de bloqueo, se extraerá la lente.
2	Si la cámara se encuentra en el modo de ajuste manual, presione y mantenga presionado el botón SEL durante más de un segundo para que la cámara se ajuste automáticamente.
3	Al presionar brevemente SAVE/FRZ aparecerá un cuadro de diálogo de confirmación. ▪ Para guardar la imagen presione SI. ▪ Para salir del cuadro de diálogo sin guardar la imagen presione No.

8.2.3 Almacenamiento de una imagen

Paso	Acción
1	Ajuste el enfoque mediante la anilla de enfoque, situada en la lente. ➔ Para diferenciar la anilla de bloqueo de la anilla de enfoque, consulte la figura de la página 51. Si se intenta ajustar el enfoque mediante la anilla de bloqueo, se extraerá la lente.
2	Si la cámara se encuentra en el modo de ajuste manual, presione y mantenga presionado el botón SEL durante más de un segundo para que la cámara se ajuste automáticamente.
3	Presione brevemente el botón SAVE/FRZ para congelar la imagen. Aparecerá un cuadro de confirmación en el que se le pedirá que acepte o cancele la imagen. Si acepta la imagen, se guardará en la memoria interna.

Paso	Acción
4	Para guardar una imagen directamente (sin congelarla primero), presione el botón SAVE/FRZ durante más de un segundo.

8.2.4 Eliminación de una o varias imágenes

Paso	Acción
1	Pulse el botón MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Situe el cursor sobre la opción Archivo en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES.
3	Situe el cursor sobre Eliminar imagen o Eliminar todas las imágenes y pulse MENU/YES para eliminar una o varias imágenes.

8.2.5 Apertura de una imagen

Paso	Acción
1	Presione el botón MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Situe el cursor sobre la opción Archivo en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES.
3	Situe el cursor sobre la opción Imágenes para mostrar las imágenes en miniatura de las últimas imágenes guardadas.
4	Para abrir una imagen, selecciónela presionando el mando de navegación hacia la izquierda o la derecha o hacia arriba o abajo y, después, presione el botón MENU/YES.

8.3 Trabajo con medidas

8.3.1 Inserción de un punto

- ➡ La cámara requiere un periodo de calentamiento de 5 minutos antes de ofrecer medidas precisas.

Paso	Acción
1	Presione el botón MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Modo medic. en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES.
3	Seleccione Punto en el cuadro de diálogo Modo medic. y presione el botón MENU/YES.
4	Presione el botón SEL hasta que aparezcan unos pequeños corchetes alrededor del punto. En ese momento podrá mover el punto si presiona el mando de navegación en cualquier dirección.
5	La temperatura se mostrará en la esquina superior derecha de la pantalla LCD.

8.3.2 Inserción de un área de medida

- ➡ La cámara requiere un periodo de calentamiento de 5 minutos antes de ofrecer medidas precisas.

Paso	Acción
1	Presione el botón MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Modo medic. en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES.
3	Seleccione Área máx., Área mín. o Área media en el cuadro de diálogo Modo medic. y presione el botón MENU/YES.
4	La temperatura se mostrará en la esquina superior derecha de la pantalla LCD.

8.4 Trabajo con alarmas

8.4.1 Configuración de una alarma de color

8.4.1.1 Configuración de una alarma de color mediante el sistema de menús

Paso	Acción
1	Presione el botón MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Modo medic. en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES.
3	Active la alarma de color y seleccione un modo: Superior o Inferior..
4	Para establecer la temperatura, mueva el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo.
5	Presione MENU/YES para confirmar los cambios y salir del cuadro de diálogo.

8.4.1.2 Configuración de una alarma de color sin utilizar el sistema de menús

Paso	Acción
1	Presione SEL hasta que el símbolo y la temperatura de la alarma de color, situados en la esquina superior derecha de la pantalla, aparezcan seleccionados. El símbolo de la alarma de color es una flecha con la punta hacia arriba o hacia abajo.
2	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para cambiar la temperatura de la alarma de color.

8.5 Cambio del nivel y el campo

8.5.1 Cambio del nivel

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Ajuste manual en la barra de menús vertical y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para cambiar el nivel. Se mostrará una flecha con la punta hacia arriba o hacia abajo.

si desea obtener más información acerca del nivel, consulte la sección 10.4.3 - Ajuste manual/Ajuste automático en la página 68.

8.5.2 Cambio del campo

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Ajuste manual en la barra de menús vertical y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia la izquierda o hacia la derecha para cambiar el campo. Se mostrarán dos flechas con las puntas enfrentadas o apuntando en direcciones opuestas.

si desea obtener más información acerca del campo, consulte la sección 10.4.3 - Ajuste manual/Ajuste automático en la página 68.

8.6 Cambio de la configuración del sistema

8.6.1 Cambio del idioma

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Configuración local del menú Configurar y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para seleccionar idioma.
4	Presione el mando de navegación hacia la izquierda o hacia la derecha para cambiar el idioma.
5	Presione MENU/YES para confirmar los cambios y salir del cuadro de diálogo.

8.6.2 Cambio de la unidad de temperatura

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Configuración local del menú Configurar y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para seleccionar Unidad temp.
4	Presione el mando de navegación hacia la izquierda o hacia la derecha para cambiar la unidad de temperatura.
5	Presione MENU/YES para confirmar los cambios y salir del cuadro de diálogo.

8.6.3 Cambio del formato de fecha

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Configuración local del menú Configurar y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para seleccionar Formato fecha.
4	Presione el mando de navegación hacia la izquierda o hacia la derecha para cambiar el formato de fecha.
5	Presione MENU/YES para confirmar los cambios y salir del cuadro de diálogo.

8.6.4 Cambio del formato de hora

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Configuración local del menú Configurar y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para seleccionar Formato hora.
4	Presione el mando de navegación hacia la izquierda o hacia la derecha para cambiar el formato de hora.
5	Presione MENU/YES para confirmar los cambios y salir del cuadro de diálogo.

8.6.5 Cambio de la fecha y la hora

Paso	Acción
1	Presione MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical.
2	Sitúe el cursor sobre la opción Fecha/hora del menú Configurar y presione MENU/YES.
3	Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo para seleccionar el año, el mes, el día, la hora, el minuto y el segundo.
4	Presione el mando de navegación hacia la izquierda o hacia la derecha para cambiar cada uno de los parámetros.
5	Presione MENU/YES para confirmar los cambios y salir del cuadro de diálogo.

8.7 Trabajo con la cámara

8.7.1 Extracción de la lente

➤ Tenga en cuenta lo siguiente:

- antes de intentar eliminar las huellas u otras marcas presentes en los elementos de la lente, consulte la sección 12.2 – Lentes en la página 81.
- la extracción de la lente infrarroja dejará al descubierto partes de la cámara muy sensibles. No toque las partes que queden expuestas.
- Para diferenciar la anilla de bloqueo de la anilla de enfoque, consulte la siguiente figura. Si se intenta extraer la lente girando la anilla de enfoque, la lente podría dañarse.

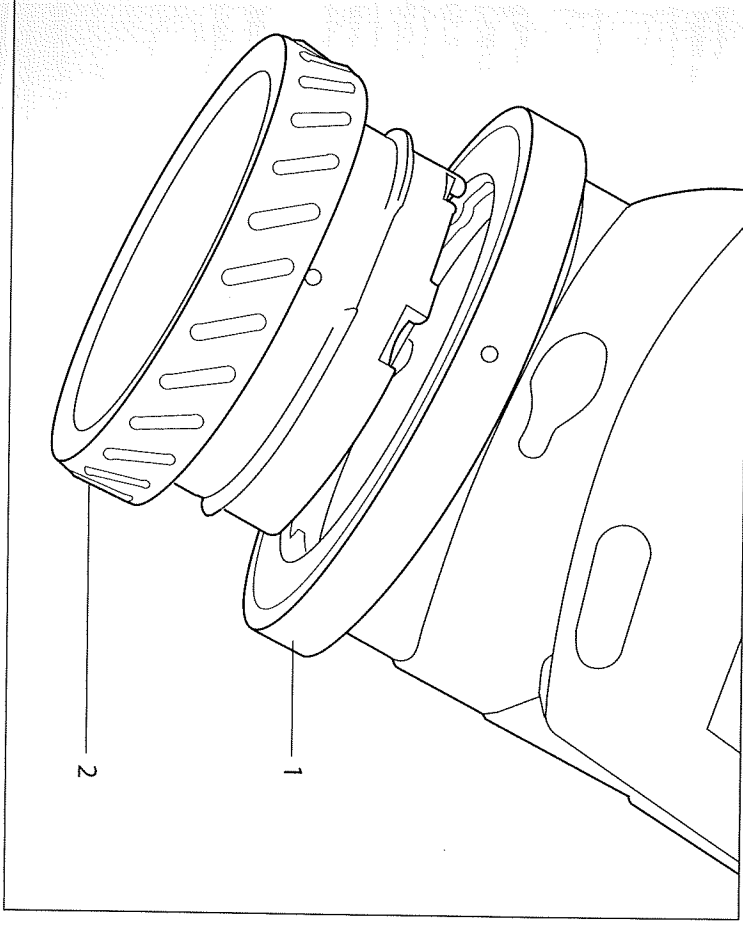


Figura 8.1 Extracción de una lente. 1: anilla de bloqueo; 2: anilla de enfoque

10396303_03

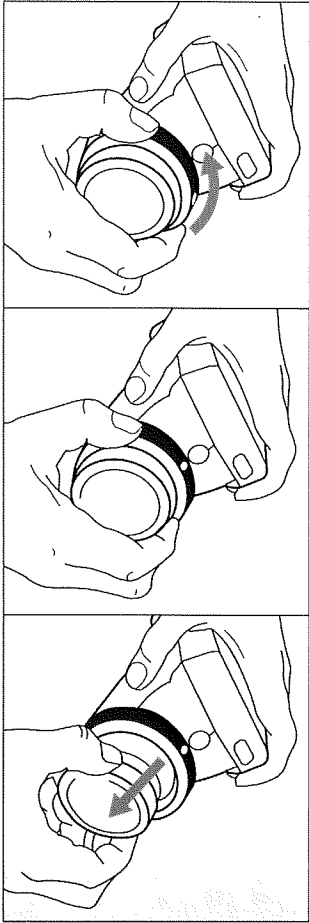


Figura 8.2 Extracción de una lente

Paso	Acción
1	Gire la anilla de bloqueo de la cámara 30° en el sentido de las agujas del reloj hasta que la marca de índice se alinee con la ventana del láser.
2	Retire la lente con cuidado. No ejerza demasiada fuerza.

8.7.2 Ajuste del enfoque

➔ Para diferenciar la anilla de bloqueo de la anilla de enfoque, consulte la figura 8.1 de la página 51. Si se intenta ajustar el enfoque mediante la anilla de bloqueo, se extraerá la lente.

Paso	Acción
1	Para ajustar el enfoque, gire la anilla de enfoque hacia la derecha o la izquierda.

8.7.3 Inserción y extracción de la batería

➔ La cámara se entrega con la batería cargada. Para aumentar la duración de la batería, se debe descargar completamente con el fin de volver a cargarla un par de veces. Para ello, utilice la cámara hasta que la batería se agote totalmente.

8.7.3.1 Inserción de la batería

10396303_02

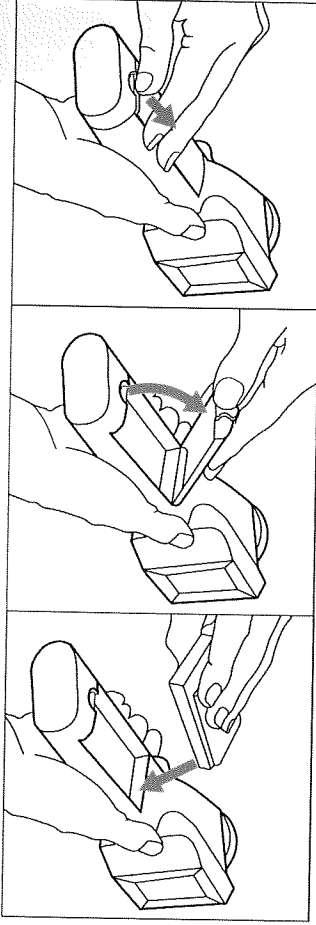


Figura 8.3 Inserción de la batería

Paso	Acción
1	Con el fin de quitar la tapa del compartimento para la batería, presione el mecanismo de cierre.
2	Inserte la batería con los contactos hacia la parte posterior de la cámara y la flecha apuntando hacia la parte delantera.
3	Vuelva a colocar la tapa del compartimento para la batería.

8.7.3.2

Extracción de la batería

10396303_02

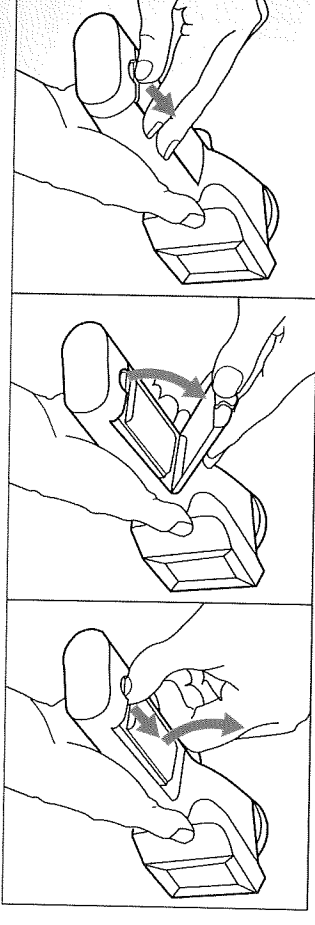


Figura 8.4 Extracción de la batería

Paso	Acción
1	Para quitar la tapa del compartimento para la batería, presione el mecanismo de cierre.
2	Para extraer la batería, sujétela firmemente por la parte inferior y sáquela con cuidado del compartimento.
3	Vuelva a colocar la tapa del compartimento para la batería.

si desea obtener más información acerca del sistema de la batería, consulte la sección 11 – Sistema de alimentación eléctrica en la página 75.

9 Descripción general de la cámara

9.1 Partes de la cámara

10080803_05

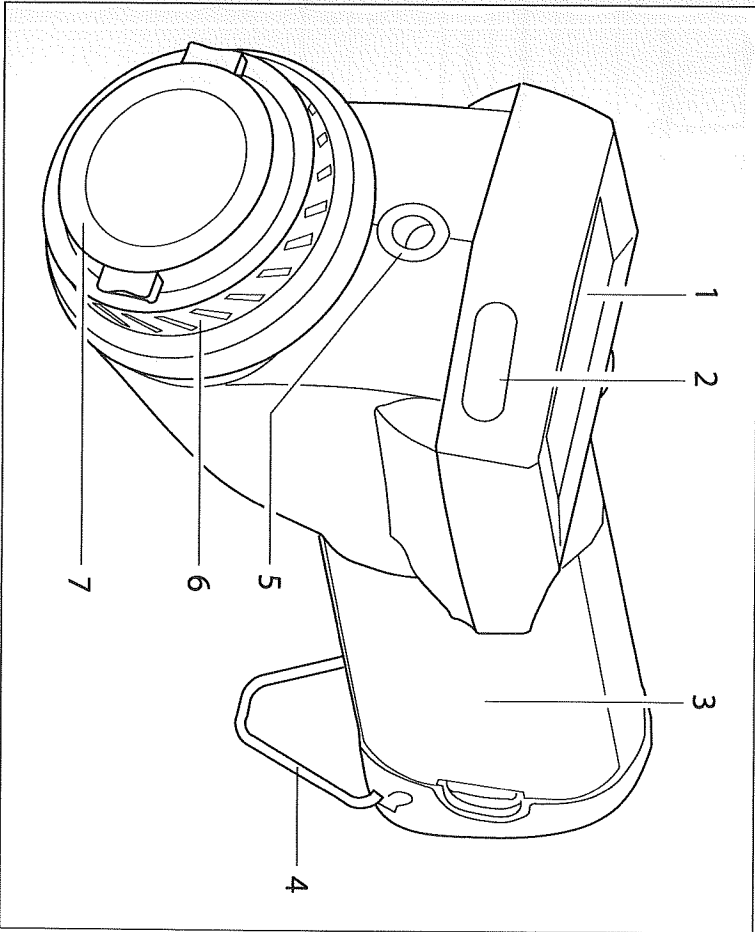


Figura 9.1 Partes de la cámara (vista frontal)

Leyenda	Descripción de la parte
1	LCD
2	-
3	Tapa del compartimiento para la batería
4	Anilla para la correa de mano

Leyenda	Descripción de la parte
5	Laser LocatIR con protección de la lente ➔ Tenga en cuenta lo siguiente: ▪ Cuando el Laser LocatIR esté activado, aparecerá en la pantalla el icono de un láser. ▪ Dado que la distancia entre el haz de láser y el centro de la imagen variará dependiendo de la distancia al objeto, el Laser LocatIR sólo debe utilizarse como una ayuda para apuntar. Compruebe siempre el LCD para asegurarse de que la cámara capture el objeto deseado. ▪ No mire directamente al haz de láser. ▪ Cuando no se esté utilizando, el Laser LocatIR debe tener siempre puesta la protección de la lente.
6	Anilla de enfoque
7	Protección de la lente

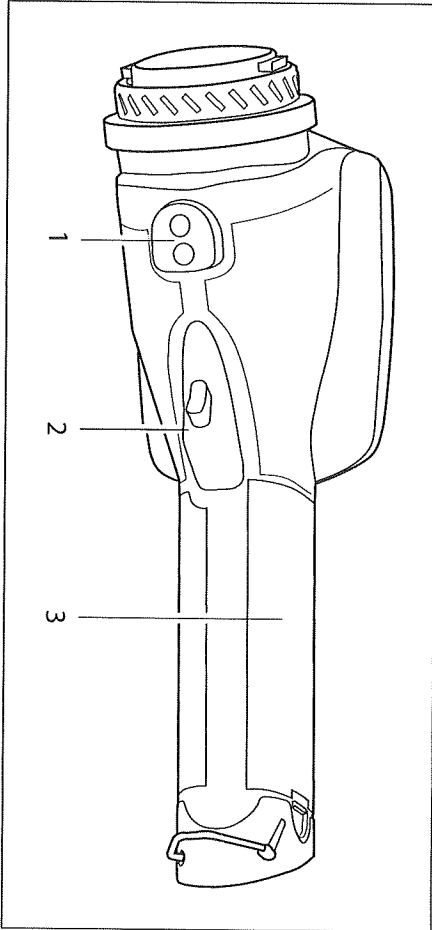


Figura 9.2 Partes de la cámara (vista desde abajo)

Leyenda	Descripción de la parte
1	Montura para el trípode
2	Botón de disparo
3	Tapa del compartimiento para la batería

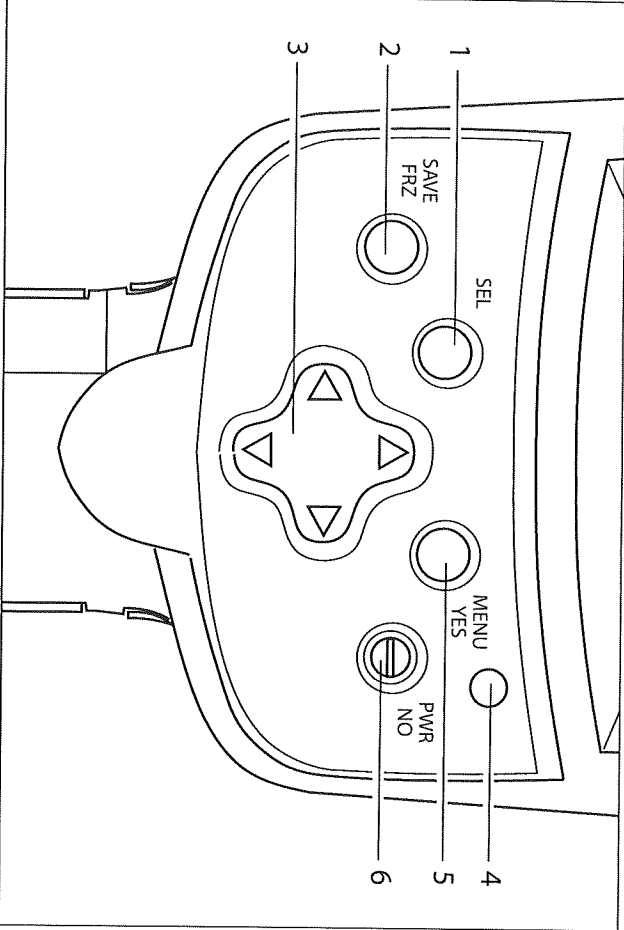


Figura 9.3 Partes de la cámara (vista desde arriba)

Leyenda	Descripción de la parte
1	Botón SEL si desea obtener más información acerca de las funciones de este botón, consulte la sección 9.2 – Botones y funciones del teclado en la página 59.
2	Botón SAVE/FRZ si desea obtener más información acerca de las funciones de este botón, consulte la sección 9.2 – Botones y funciones del teclado en la página 59.
3	Mando de navegación si desea obtener más información acerca de las funciones del mando de navegación, consulte la sección 9.2 – Botones y funciones del teclado en la página 59.
4	Indicador luminoso
5	Botón MENU/YES si desea obtener más información acerca de las funciones de este botón, consulte la sección 9.2 – Botones y funciones del teclado en la página 59.
6	Botón PWR/NO si desea obtener más información acerca de las funciones de este botón, consulte la sección 9.2 – Botones y funciones del teclado en la página 59.

9.2 Botones y funciones del teclado

Botón	Comentarios
Botón SAVE/FRZ	- Presione brevemente el botón SAVE/FRZ para congelar la imagen actual y mostrar un cuadro de diálogo en el que podrá elegir si desea guardar o descartar la imagen. - Presione y mantenga presionado el botón SAVE/FRZ durante más de un segundo para guardar la imagen actual sin acceder a la vista previa. - La imagen se guardará con el formato <i>/fmmn.jpg</i>, donde <i>mmn</i> es un contador exclusivo. Para restablecer el contador, seleccione Valores de fábrica en el menú Configurar. - Se pueden guardar aproximadamente 200 imágenes JPG.
Botón SEL	- Presione y mantenga presionado el botón SEL durante más de un segundo para que la cámara se ajuste automáticamente. - Presione brevemente el botón SEL para mostrar el enfoque actual del mando de navegación, es decir, los objetos de la pantalla que se pueden cambiar o mover utilizando el mando de navegación. - Presione repetidamente el botón SEL para cambiar entre diferentes objetos de la pantalla.
Botón MENU/YES	- Presione el botón MENU/YES para mostrar la barra de menús vertical. - Presione el botón MENU/YES para confirmar las selecciones realizadas en los cuadros de diálogo. - Presione el botón MENU/YES para mostrar los gráficos si anteriormente ha seleccionado la opción Ocultar gráficos en la barra de menús vertical.
Botón PWR/NO	- Presione el botón PWR/NO con la cámara apagada para encenderla. - Presione el botón PWR/NO para cancelar las selecciones realizadas en los cuadros de diálogo. - Presione y mantenga presionado el botón PWR/NO durante más de dos segundos para apagar la cámara. - Presione el botón PWR/NO para abandonar el modo de congelación y recuperación de las imágenes. - Presione el botón PWR/NO para mostrar los gráficos si anteriormente ha seleccionado la opción Ocultar gráficos en la barra de menús vertical.

Botón	Comentarios
Mando de navegación	En el modo de menú: - Presiónelo hacia la derecha y la izquierda, o bien hacia arriba y abajo, para desplazarse por los menús y los cuadros de diálogo. - Presiónelo hacia la derecha y la izquierda, o bien hacia arriba y abajo, para cambiar o mover un objeto de la pantalla seleccionado anteriormente mediante el botón SEL. En el modo de ajuste manual: - Presiónelo hacia arriba y abajo para cambiar el nivel (una vez seleccionada la escala mediante el botón SEL). - Presiónelo hacia la izquierda y la derecha para cambiar el campo (una vez seleccionada la escala mediante el botón SEL). si desea obtener más información acerca del nivel y el campo, consulte la sección 10.4.3 - Ajuste manual/Ajuste automático en la página 68.
Botón de disparo	Utilice el botón de disparo para realizar una de las siguientes acciones: - Guardar la imagen - Activar o desactivar el láser LocatIR - Ajustar automáticamente la cámara La función del botón de disparo depende del modo en el que esté configurada la opción correspondiente en el cuadro de diálogo Configuración. si desea obtener más información acerca de las funciones del botón de disparo, consulte la sección 10.4.9.1 - Configuración en la página 71.

9.3 Laser LocatIR

Al utilizar el botón de disparo, situado en la parte inferior de la cámara, aparecerá un puntero láser por encima del objeto a una distancia superior aproximada de 40 mm/1.57" sobre el objeto.

- Tenga en cuenta lo siguiente:
- Cuando el Laser LocatIR esté activado, aparecerá en la pantalla el icono de un láser.
- Dado que la distancia entre el haz de láser y el centro de la imagen variará dependiendo de la distancia al objeto, el Laser LocatIR sólo debe utilizarse como una ayuda para apuntar. Compruebe siempre el LCD para asegurarse de que la cámara capture el objeto deseado.
- No mire directamente al haz de láser.
- Cuando no se esté utilizando, el Laser LocatIR debe tener siempre puesta la protección de la lente.

si desea obtener más información acerca de las funciones del botón de disparo, consulte la sección 10.4.9.1 - Configuración en la página 71.



Figura 9.4 Longitud de onda: 635 nm. Potencia de salida máxima: 1 mW. Este producto cumple las normativas 21 CFR 1040.10 y 1040.11, excepto por las modificaciones realizadas con arreglo a la publicación Laser Notice (Nº 50), con fecha de 26 de julio de 2001.

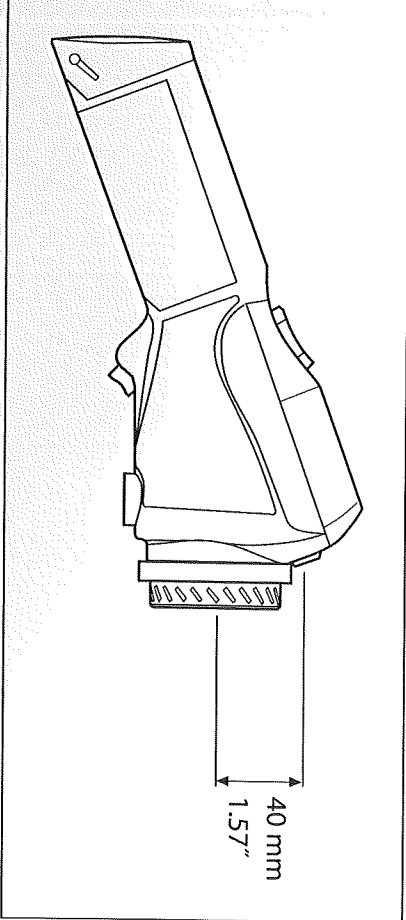


Figura 9.5 Distancia entre el haz del láser y el centro de la imagen

9.4 Indicador luminoso del teclado

Figura 9.6 Explicaciones del indicador luminoso del teclado

Modo del indicador	Explicación
Luz verde continua	Encendiéndose o funcionando.
Luz verde parpadeante. (0,25 segundos encendida y 0,25 segundos apagada)	Cargando la batería en el modo de suspensión.
Luz verde parpadeante. (3 segundos encendida y 0,06 segundos apagada)	Cargando la batería con la cámara encendida.
Sin luces	La cámara está apagada, o bien el LCD está desconectado temporalmente.

10 Programa de la cámara

10.1 Tabla de resultados

Los resultados de los marcadores de medida se muestran en una tabla de resultados situada en la esquina superior derecha de la pantalla.

Figura 10.1 Explicación de los marcadores de medida que aparecen en la tabla de resultados.

Icono	Explicación
	Punto
	Área, temperatura máxima
	Área, temperatura mínima
	Área, temperatura media
	Alarma de color por exceso
	Alarma de color por defecto
*	El símbolo * indica un resultado indeterminado, debido a un proceso de actualización interno después de modificar el rango o iniciar la cámara. El símbolo desaparece tras 15 segundos.

10.2 Mensajes del sistema

10.2.1 Mensajes de estado

Los mensajes de estado se muestran en la parte inferior de la pantalla, o bien en la parte superior izquierda. A través de ellos, podrá conocer en todo momento información acerca del estado actual de la cámara.

Figura 10.2 Mensajes de estado: ejemplos

Mensaje	Explicación
Congelado	Este mensaje se muestra cuando se congela la imagen.
Manual	Este mensaje se muestra cuando la cámara está en el modo de ajuste manual.
Espere por favor	Este mensaje se muestra durante las operaciones de mayor duración.
Reiniciando	Este mensaje se muestra cuando se reinicia el software, es decir, después de seleccionar Valores de fábrica .
Guardar como	Este mensaje se muestra cuando se está guardando una imagen.

10.2.2 Mensajes de advertencia

Los mensajes de advertencia se muestran en el centro de la pantalla. A través de ellos se proporciona información importante (por ejemplo, acerca del estado de la batería).

Figura 10.3 Información importante sobre la cámara: ejemplos

Mensaje	Explicación
Batería baja	La carga de la batería está por debajo del nivel crítico.
Se apaga	La cámara se apagará inmediatamente.
Se apaga en 2 segundos	La cámara se apagará tras 2 segundos.

10.3 Selección de objetos de la pantalla

10.3.1 Selección de objetos de la pantalla

Algunos objetos de la pantalla, (como la escala, el campo de información, un punto, etc.) pueden seleccionarse presionando repetidamente el botón SEL hasta que el objeto aparezca resaltado o encuadrado en unos pequeños corchetes. Transcurridos tres segundos, el cursor se ocultará automáticamente. Al presionar el botón SEL, o el mando de navegación, aparecerá de nuevo el cursor.

Al seleccionar un objeto, se puede usar el mando de navegación para cambiar su valor o, si procede, su posición.

10.3.2 Ejemplos de objetos de la pantalla seleccionados

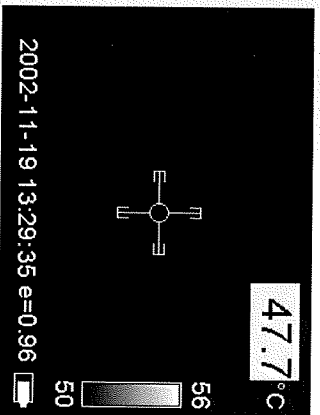


Figura 10.4 Marcador de medida seleccionado (punto). Utilice el mando de navegación en este momento para desplazar el punto.

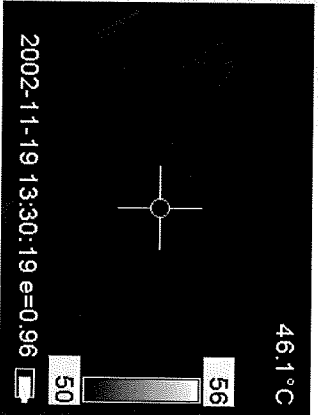


Figura 10.5 Escala de temperatura seleccionada. Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo en este momento para aumentar o reducir el nivel y hacia la derecha o la izquierda para aumentar o reducir el campo.

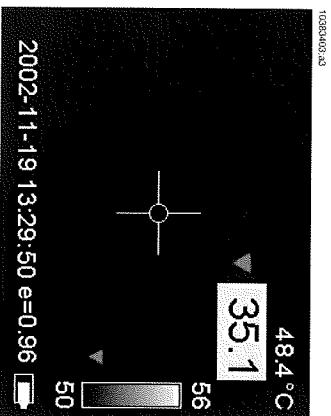


Figura 10.6 Alarma de color seleccionada. Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo en este momento para aumentar o reducir la temperatura de la alarma de color.

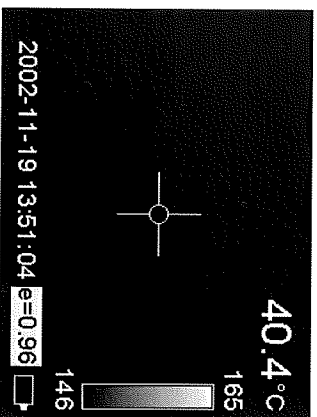


Figura 10.7 Campo de emisividad seleccionado. Presione el mando de navegación hacia arriba o hacia abajo en este momento para aumentar o reducir la emisividad.

10.4 Sistema de menús

10.4.1 Utilización del sistema de menús

- Presione el botón MENU/YES para que se muestre la barra de menús vertical.
- Presione el botón MENU/YES para confirmar las selecciones efectuadas en los menús y cuadros de diálogo.
- Presione el botón PWR/NO para salir del sistema de menús.
- Presione el botón PWR/NO para cancelar las selecciones realizadas en los menús y los cuadros de diálogo.
- Presione el mando de navegación hacia arriba o abajo para desplazarse por los menús, submenús y cuadros de diálogo.
- Presione el mando de navegación hacia la derecha o la izquierda para desplazarse por los menús y submenús y cambiar los valores en los cuadros de diálogo.

10.4.2 Modo Medic (medición)

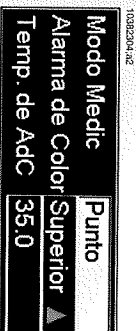


Figura 10.8 Cuadro de diálogo Modo Medic.

Sitúe el cursor sobre la opción **Modo medic.** en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES para acceder al cuadro de diálogo **Modo Medic.**

- Si desea cambiar el modo de medición, presione el mando de navegación hacia la derecha o la izquierda.
- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.
- Si desea cambiar el valor de la alarma de color (Ninguna, Superior, Inferior), presione el mando de navegación hacia la derecha o la izquierda.
- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.
- Para definir la temperatura de la alarma de color, presione el mando de navegación hacia la derecha o la izquierda.
- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.

El comando Alarma de Color causará el coloreado de todos los píxeles cuya temperatura sea superior o inferior al nivel previamente establecido.

10.4.3 Ajuste manual/Ajuste automático

Sitúe el cursor sobre **Ajuste manual** y presione el botón MENU/YES con objeto de seleccionar manualmente los parámetros de configuración del *nivel* y el *campo*. El comando del nivel puede interpretarse como el *brillo*, mientras que el del campo puede asociarse con el *contraste*.

- Presione el mando de navegación hacia arriba o abajo para cambiar el nivel (indicado por una flecha que señala hacia arriba o hacia abajo en la escala de temperatura).
- Presione el mando de navegación hacia la derecha o la izquierda para cambiar el campo (indicado por dos flechas señalando en sentidos opuestos o coincidentes).

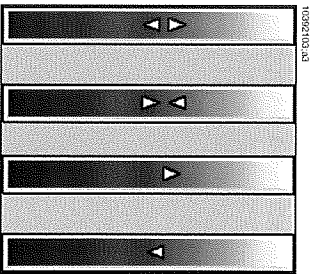


Figura 10.9 Símbolos de la escala de temperatura: (1) aumento del campo; (2) reducción del campo; (3) aumento del nivel y (4) reducción del nivel

Sitúe el cursor sobre **Ajuste automático** y presione el botón MENU/YES para poner la cámara en el modo automático. Así, la cámara optimizará continuamente la imagen seleccionando los valores de nivel y campo más apropiados.

10.4.4 Emisividad



Figura 10.10 Cuadro de diálogo Emisividad.

Sitúe el cursor sobre **Emisividad**, en la barra de menús vertical, y presione el botón MENU/YES para mostrar el cuadro de diálogo **Emisividad**.

- Para cambiar la emisividad, presione el mando de navegación hacia la izquierda o la derecha.
- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.

- Para cambiar el valor de **T reflejada** (temperatura ambiente reflejada), presione el mando de navegación hacia la izquierda o la derecha.

- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.

si desea obtener más información acerca de la emisividad y la temperatura ambiente reflejada, consulte la sección 16 – Técnicas de medida termográfica en la página 119 y la sección 18 – Teoría de la termografía en la página 131.

➡ Tenga en cuenta lo siguiente:

- al seleccionar la escala, se puede cambiar la emisividad directamente usando el mando de navegación.
- Si introduce un valor de emisividad inferior a 0.30, el cuadro de emisividad parpadeará para recordarle que el valor es más bajo de lo habitual.

10.4.5 Paleta



Figura 10.11 Cuadro de diálogo Paleta.

Sitúe el cursor sobre **Paleta**, en la barra de menús vertical, y presione el botón MENU/YES para mostrar el cuadro de diálogo **Paleta**.

- Si desea seleccionar otra paleta, presione el mando de navegación hacia la derecha o la izquierda.
- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.

10.4.6 Rango (opción extra)

Sitúe el cursor sobre la opción **Rango** en la barra de menús vertical y presione el botón MENU/YES para acceder al cuadro de diálogo **Rango**.

- Si desea seleccionar otro rango de temperaturas, presione el mando de navegación hacia la derecha y la izquierda.
- Para confirmar la selección, presione el botón MENU/YES.
- Si desea cancelar cualquier cambio, presione el botón PWR/NO.

10.4.7 Ocultar gráficos/Mostrar gráficos

Sitúe el cursor sobre **Ocultar gráficos**, en la barra de menús vertical, y presione el botón MENU/YES para ocultar todos los gráficos que se muestren en la pantalla. Si desea que los gráficos se vuelvan a mostrar, lleve a cabo una de las siguientes acciones:

- Sitúe el cursor sobre **Mostrar gráficos** en el menú.

- Presione brevemente el botón SEL.
- Presione brevemente el botón MENU/YES.
- Presione brevemente el botón PWR/NO.

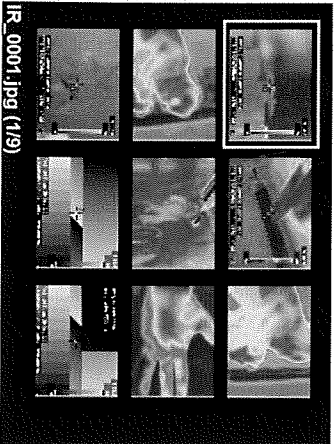
➔ El icono del láser invalida la selección de Ocultar gráficos en el menú. Esto quiere decir que, aunque esté seleccionada la opción Ocultar gráficos, si el láser LocalIR está encendido, el icono del láser se mostrará en la pantalla.

10.4.8 Archivo



Figura 10.12 Menú Archivo.

Figura 10.13 Explicación del menú Archivo

Comando	Explicación
Imágenes	Siúe el cursor sobre Imágenes y presione MENU/YES para mostrar una vista de imágenes en miniatura de las imágenes de la memoria interna de la cámara. Abra una imagen seleccionándola con el mando de navegación y presionando a continuación MENU/YES. 
Eliminar imagen	Siúe el cursor sobre Eliminar imagen y presione el botón ME-NU/YES para eliminar una imagen recuperada. Se mostrará un cuadro de confirmación en el que podrá confirmar la eliminación, o bien cancelarla.
Elim. todas las imágenes	Siúe el cursor sobre Elim. todas las imágenes y presione el botón MENU/YES para eliminar todas las imágenes. Se mostrará un cuadro de confirmación en el que podrá confirmar la eliminación, o bien cancelarla.

➔ Se pueden guardar aproximadamente 200 imágenes JPG radiométricas.

10.4.9 Configuración

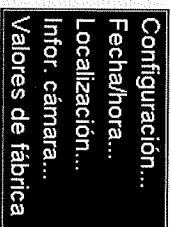


Figura 10.14 Menú Configuración.

10.4.9.1 Configuración

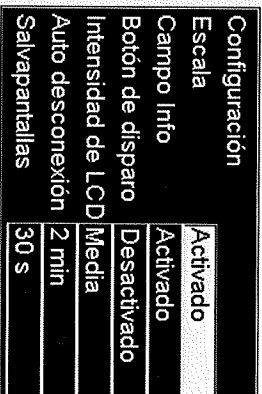


Figura 10.15 Cuadro de diálogo Configuración.

Figura 10.16 Explicación del cuadro de diálogo Configuración

Etiqueta	Valor	Explicación
Escala	■ Activado ■ Desactivado	■ Seleccione Activado para que se muestre la escala en la pantalla. ■ Seleccione Desactivado para ocultar la escala.
Campo Info	■ Activado ■ Desactivado ■ Activ., + T Amb	■ Seleccione Activado para que se muestre el campo de información en la parte inferior de la pantalla. ■ Seleccione Desactivado para ocultar el campo de información. ■ Seleccione Activ., + T Amb para que se muestre el campo de información y la temperatura ambiente reflejada.
Botón de disparo	■ Láser ■ Guardar ■ Desactivado ■ Ajuste simple	■ Seleccione Láser para activar el láser al utilizar el botón de disparo. ■ Seleccione Guardar para guardar la imagen actual al utilizar el botón de disparo. ■ Seleccione Desactivado para desactivar el botón de disparo. ■ Seleccione Ajuste simple para ajustar automáticamente la cámara al utilizar el botón de disparo.

Etiqueta	Valor	Explicación
Intensidad de LCD	- Intensidad Baja del LCD. - Media. - Alta.	- Seleccione Baja para fijar la intensidad del LCD en el nivel mínimo. - Seleccione Media para fijar la intensidad del LCD en el nivel medio. - Seleccione Alta para fijar la intensidad del LCD en el nivel máximo.
Auto desconexión	- Ninguno 2 min 5 min 10 min	Si la cámara está encendida pero no se está utilizando, se apagará automáticamente transcurrido un periodo de tiempo especificado. Presione el mando de navegación hacia la izquierda o la derecha para establecer el tiempo.
Salvapantallas	- Ninguno 30 s 60 s 2 min	Si la cámara está encendida pero no se está utilizando, la pantalla se apagará automáticamente transcurrido un periodo de tiempo especificado. Presione el mando de navegación hacia la izquierda o la derecha para establecer el tiempo.

➔ Por motivos de protección, el LCD se apagará si la temperatura del sensor es superior a +60 °C (+149 °F). La cámara se apagará en caso de que la temperatura del sensor sea superior a +68 °C (+154,4 °F).

10.4.9.2 Fecha/hora

10.08.10.4.2

Fecha/hora	
Año	2002
Mes	12
Día	29
Hora	14
Minuto	36
Segundo	22

Figura 10.17 Cuadro de diálogo Fecha/hora.

Figura 10.18 Explicación del cuadro de diálogo Fecha/hora

Etiqueta	Explicación
Año	1970-2036
Mes	1-12
Día	1-31

Etiqueta	Explicación
Hora	12 a.m.-12 p.m. 1-24
Minuto	00-59
Segundo	00-59

10.4.9.3 Localización

10.08.10.4.3

Localización	
Idioma	Español (Spanish)
Salida vídeo	NTSC
Unidad temp.	°C
Formato fecha	AAAA-MM-DD
Formato hora	24 horas

Figura 10.19 Cuadro de diálogo Localización.

Figura 10.20 Explicación del cuadro de diálogo Localización

Etiqueta	Explicación
Idioma	Depende de la configuración
Salida de vídeo	- NTSC - PAL
Unidad temp	°C (grados Celsius) o °F (grados Fahrenheit)
Formato fecha	- AAAA-MM-DD - AA-MM-DD - MM/DD/AA - DD/MM/AA
Formato hora	24 horas - AM/PM

10.4.9.4 Información de la cámara

El panel de información de la cámara muestra información relativa al uso de la memoria, el estado de la batería, los números de serie, las versiones del software, etc. No es posible efectuar ningún cambio en este panel.

10.4.9.5 Valores de fábrica

Sitúe el cursor sobre **Valores de fábrica** y presione el botón MENU/YES para restablecer la cámara a los parámetros de configuración predeterminados de fábrica.

11 Sistema de alimentación eléctrica

El sistema de alimentación eléctrica de la cámara está compuesto por los siguientes elementos:

- Una batería extraíble
- Una fuente de alimentación
- Un cargador de batería interno

La cámara puede alimentarse mediante la batería o la fuente de alimentación. Al utilizar la fuente de alimentación, la batería se cargará automáticamente siempre que esté insertada en su compartimento. La cámara puede utilizarse aunque se esté cargando la batería.

➡ Tenga en cuenta lo siguiente:

- La cámara se entrega con la batería cargada. Para aumentar el tiempo de vida de la batería, deberá descargarla y cargarla completamente un par de veces. Para ello, utilice la cámara o déjela encendida hasta que muestre el mensaje **Batería baja**.
- se puede utilizar la misma fuente de alimentación tanto para el cargador de batería externo como para el interno.

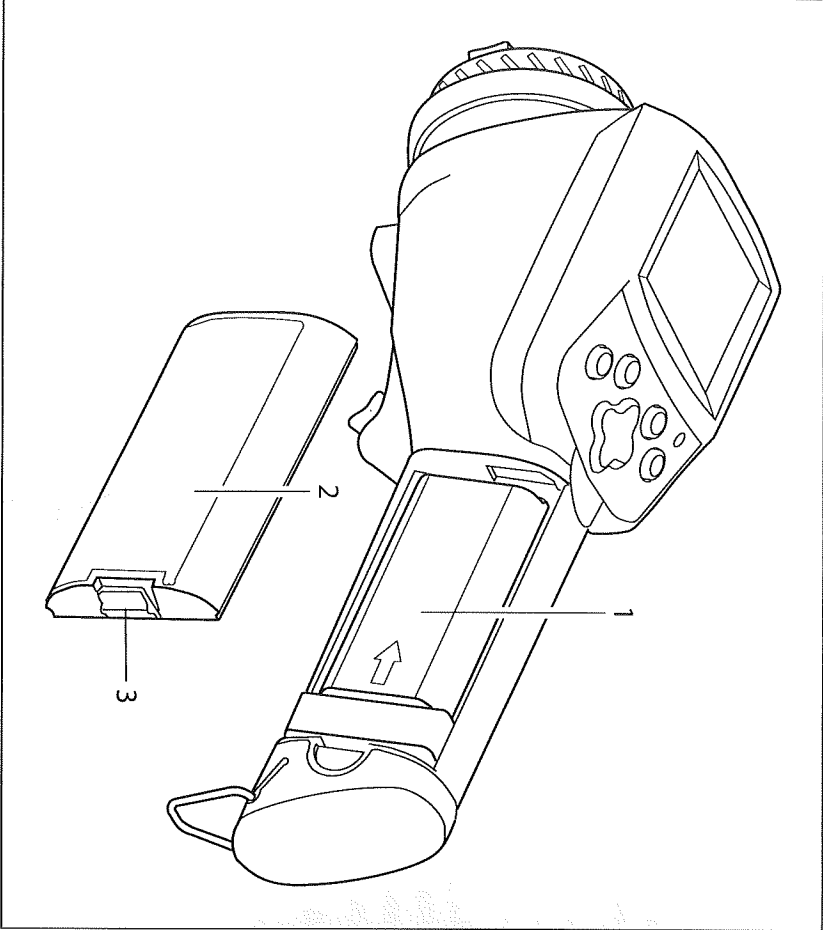


Figura 11.1 La batería y su compartimento.

Legenda	Descripción de la parte
1	Batería
2	Tapa de la batería
3	Botón de desbloqueo

La batería extraíble proporciona un tiempo de funcionamiento de entre 1,5 y 2 horas aproximadamente. Cuando se muestra el mensaje **Batería baja** en la pantalla, es el momento de cargar la batería.

➡ El tiempo de funcionamiento de la cámara cuando se está alimentando con la batería se reduce sustancialmente a bajas temperaturas.

11.1 Carga interna de la batería

Para cargar la batería mediante el cargador de batería interno, lleve a cabo las siguientes instrucciones:

Paso	Acción
1	Compruebe que la batería esté insertada correctamente en la cámara.
2	Conecte el cable de alimentación a la cámara.
3	Durante la carga, el símbolo de estado de la batería parpadeará hasta que la batería esté cargada completamente. Cuando la batería esté totalmente cargada, el símbolo de la batería dejará de parpadear y aparecerá completamente relleno.



Figura 11.2 Símbolo que indica que la batería está cargada

11.2 Carga externa de la batería

➡ La carga externa de la batería es una característica opcional. También existe la posibilidad de cargar la batería mediante el cargador de batería externo. El estado de la batería durante la carga se indica mediante varios indicadores luminosos.

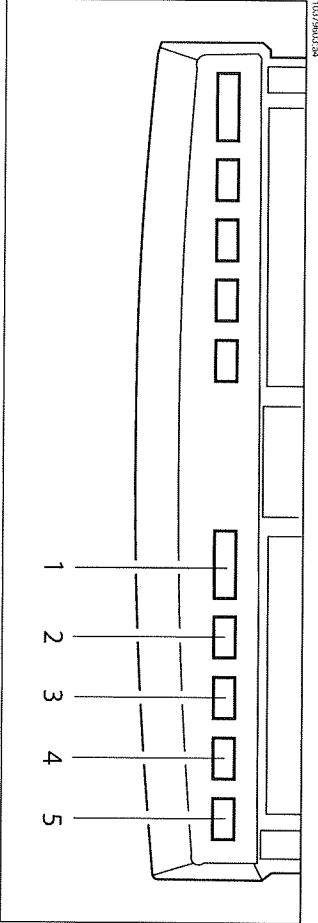


Figura 11.3 Indicadores luminosos del cargador de batería externo

Figura 11.4 Indicadores luminosos (explicación de la leyenda)

Situación	N.º del indicador luminoso	Color y modo
El cargador está encendido pero no hay ninguna batería insertada.	1	Luz roja fija.
El cargador está encendido y hay una batería insertada.	1	Luz verde fija.
La batería está demasiado caliente o demasiado fría.	1	Luz verde parpadeante.
La batería está estropeada.	1	Luz roja parpadeante.
La batería se está cargando.	5-2	Luz verde que recorre los indicadores del 2 al 5. Cada indicador luminoso representa un 25 % de la capacidad de la batería y se encenderá de acuerdo con este principio.

11.3 Advertencias de seguridad sobre la batería

- No coloque la batería en el fuego ni la caliente.
- No instale la batería al revés de modo que se invierta la polaridad.
- No conecte el polo positivo y el negativo de la batería mediante un objeto metálico (como un cable).
- No perforo la batería con clavos, no la golpee con un martillo, no la pise y no la someta de ningún otro modo a impactos o golpes fuertes.
- No realice soldaduras directamente en la batería.
- No exponga la batería al agua dulce ni salada, ni permita que se moje.
- No desmonte ni modifique la batería. La batería contiene dispositivos de seguridad y protección que, en caso de sufrir daños, podrían hacer que la batería generara calor, explotara o se incendiara.
- No coloque la batería en el fuego ni cerca de él, de estufas o de cualquier otro objeto con una temperatura elevada.
- Cuando la batería se agote, aisle los polos con cinta adhesiva o materiales similares antes de deshacerse de ella.
- Deje de usar la batería de inmediato si al utilizarla, cargarla o almacenarla nota que emite un olor extraño, despide calor, cambia de color o de forma, o bien presenta cualquier otra anomalía. Póngase en contacto con su proveedor en caso de observar cualquiera de estos problemas.
- En caso de que la batería sufra pérdidas y le caiga algo de líquido en un ojo, no se frote el ojo. Enjuáguelo bien con agua y acuda de inmediato a recibir atención médica. De no recibir el tratamiento adecuado, el líquido de la batería podría provocar daños en el ojo.
- Al cargar la batería, utilice solamente uno de los cargadores de batería indicados.
- No conecte la batería a un enchufe de suministro eléctrico ni directamente al encendedor de un vehículo.
- No coloque la batería en el fuego o cerca de él, ni directamente bajo la luz del sol. Cuando la batería se caliente, el equipo de seguridad incorporado se activa, lo que evita que la batería siga cargándose. Si se calienta la batería, podría estropearse el equipo de seguridad, lo que podría provocar que la batería se calentara en exceso, se rompiera o se incendiara.
- No siga cargando la batería si no se recarga en el tiempo de carga especificado. De lo contrario, la batería podría calentarse, explotar o incendiarse.
- El rango de temperaturas en el que puede cargarse la batería es de 0–+45 °C (+32–+113 °F). En caso de cargar la batería con temperaturas fuera de este rango, ésta podría calentarse o romperse. Si la batería se carga fuera de este rango también podría verse afectado su rendimiento, o bien reducirse su vida útil.

- No descargue la batería mediante ningún dispositivo excepto los indicados. Si la batería se utiliza en otros dispositivos distintos de los especificados, su rendimiento podría verse afectado o bien su vida útil podría reducirse y, en caso de que el dispositivo provocara un flujo de corriente anormal, la batería podría recalentarse, explotar o incendiarse, provocando así daños graves.
- El rango de temperaturas en el que puede descargarse la batería es de -15-+45 °C (+18,8-+113 °F). El uso de la batería fuera de este rango de temperaturas podría dañar su rendimiento o bien reducir su vida útil.

12 Mantenimiento y limpieza

12.1 *Cuerpo de la cámara, cables y accesorios*

El cuerpo de la cámara, los cables y los accesorios se pueden limpiar con un paño suave. Para eliminar manchas, frote con un paño suave humedecido con una solución detergente no abrasiva y luego seque con un paño suave.

- ➡ No utilice benceno, disolvente ni otros productos químicos en la cámara, los cables o los accesorios, ya que podrían provocar daños.

12.2 *Lentes*

Todas las lentes están recubiertas con una capa antirreflejos, por lo que deben limpiarse con cuidado. Limpie las lentes con un paño de algodón suave impregnado en alcohol etílico al 96 % (C_2H_5OH). Una vez que haya limpiado las lentes con la solución, deseche el paño de algodón.

Si no dispone de alcohol etílico, puede utilizar éter dietílico (éter = dietiléter, $C_4H_{10}O$) para la limpieza.

En ocasiones, aparecen marcas de secado en las lentes. Para evitarlo, utilice una solución limpiadora compuesta por un 50 % de acetona (dimetilcetona = $(CH_3)_2CO$) y un 50 % de alcohol etílico (C_2H_5OH).

➡ Tenga en cuenta lo siguiente:

- la limpieza excesiva de las lentes puede originar el desprendimiento de la capa protectora.
- las sustancias químicas descritas en esta sección pueden resultar peligrosas. Lea detenidamente las etiquetas de advertencia de los recipientes antes de utilizar las sustancias, así como la correspondiente hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS).

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

13 Resolución de problemas

Problema	Posible causa	Solución
El LCD no muestra ninguna imagen.	Es posible que la cámara se haya apagado automáticamente debido a las opciones establecidas en el cuadro de diálogo Configuración.	Presione el botón PWR/NO para encender la cámara.
	Es posible que el LCD se haya apagado automáticamente debido a las opciones establecidas en el cuadro de diálogo Configuración.	Presione el botón PWR/NO para encender la cámara.
	La batería no se encuentra en el compartimento correspondiente.	Inserte una batería totalmente cargada.
	La batería se encuentra en el compartimento correspondiente pero se ha agotado.	Cargue la batería.
	Si está utilizando la fuente de alimentación, es posible que el conector no esté insertado correctamente en el conector de alimentación de la cámara.	Compruebe que el conector de la fuente de alimentación esté correctamente insertado.
	Si está utilizando la fuente de alimentación, puede que el enchufe no se haya conectado correctamente a la red eléctrica.	Compruebe que el enchufe esté conectado correctamente a la red eléctrica.
Si está utilizando la fuente de alimentación, puede que el cable no se haya conectado correctamente a la fuente de alimentación.	Compruebe que el cable esté enchufado correctamente.	
	Es necesario cambiar el nivel.	Cambie el nivel.
	Es necesario cambiar el campo.	Cambie el campo.
El LCD muestra una imagen pero es de baja calidad.	Es necesario ajustar la cámara automáticamente.	Lleve a cabo el proceso de ajuste automático.
	Puede que la temperatura del objeto esté por encima o por debajo del rango de temperaturas utilizado.	Si la cámara permite seleccionar un rango adicional, cambie el rango.
	Puede que la paleta utilizada no sea la más apropiada para la visualización del objeto.	Cambie la paleta.
El LCD muestra una imagen pero aparece borrosa.	Puede que el objeto esté desenfocado.	Enfoque la cámara mediante la anilla de enfoque de la lente.

Problema	Posible causa	Solución
El LCD muestra una imagen pero el contraste es muy bajo.	Puede que se haya seleccionado accidentalmente un valor demasiado bajo para el contraste del LCD.	Cambie el contraste del LCD.
El botón de disparo no funciona como debería.	Puede que se haya cambiado accidentalmente la función del botón de disparo.	Cambie la función del botón de disparo.
El botón de disparo no funciona.	Es posible que se haya desactivado el botón de disparo accidentalmente.	Active el botón de disparo.
Cuando se conecta la cámara de infrarrojos a un monitor de vídeo externo no aparecen imágenes.	Puede que el conector del cable del vídeo no se haya insertado correctamente en el conector de vídeo de la cámara. Puede que el conector del cable del vídeo no se haya insertado correctamente en el conector de vídeo del monitor externo.	Compruebe que el cable de vídeo esté insertado correctamente. Compruebe que el cable de vídeo esté insertado correctamente.
	La cámara podría haberse configurado accidentalmente con el formato de vídeo PAL cuando el sistema del monitor de vídeo externo es NTSC, o viceversa.	Cambie el formato de vídeo.
El LCD no muestra la fecha y la hora correctas.	Puede que se haya configurado en la cámara una fecha y una hora erróneas.	Cambie la fecha y la hora.
No es posible almacenar más imágenes en la cámara.	Puede que la memoria flash interna esté llena.	Para poder guardar más imágenes, descargue las existentes a su equipo informático mediante ThermoCAM™ QuickView.

14 Especificaciones técnicas y gráficos de dimensiones

FLIR Systems se reserva el derecho a dejar de fabricar modelos, piezas y accesorios, así como otros elementos, o a cambiar las especificaciones en cualquier momento sin previo aviso.

14.1 Generación de imágenes

Enfoque	Manual
Tiempo de encendido	Aproximadamente 15 segundos
Tiempo de encendido desde el modo de suspensión	< 1 segundo @ +25 °C (+77 °F)
Tipo de detector	Matriz de plano focal (FPA), microbolómetro no refrigerado 160 × 120 píxeles
Rango espectral	7,5–13 µm

14.2 Presentación de imágenes

Pantalla	LCD en color de 2,5", color de 16 bits
Salida de vídeo	Vídeo compuesto CVBS (ITU-R BT.470 PAL/SMP-TE 170M NTSC)

14.3 Rango de temperaturas

Rango de temperaturas	El rango de temperaturas depende de la configuración del cliente y del número de tipo de cámara de tres dígitos. El número de tipo de cámara de tres dígitos puede consultarse en los tres primeros dígitos del número de serie de la cámara. Consulte el sistema de menús de la cámara para conocer los rangos de temperaturas disponibles.
Precisión	± 2 °C / ± 3,6 °F o ± 2 % de la lectura

14.4 Láser LocatIR

Clasificación	Clase 2
---------------	---------

Tipo	Diodo láser de semiconductores AlGaInP 1 mW / 635 nm (rojo)
------	--

14.5 Sistema de alimentación eléctrica

Tipo de batería	Batería recargable de iones de litio
Tiempo de funcionamiento de la batería	1,5 horas (el estado de la batería aparece en la pantalla)
Carga de la batería	Cargador interno con adaptador de CA o mediante adaptador de 12 VCC para vehículos. Cargador doble de sobremesa.
Funcionamiento CA	Adaptador de CA, 90–260 VCA, 50/60 Hz, tensión de salida de 12 VCC
Voltaje	11–16 VCC
Gestión de alimentación	Desconexión automática y modo de suspensión (seleccionable por el usuario)

14.6 Especificaciones ambientales

Rango de temperaturas de funcionamiento	Para los tipos de cámara 215 y 247: -15–+45 °C (+5–+113 °F) Para el tipo de cámara 243: -15–+50 °C (+5–+122 °F) El número de tipo de cámara de tres dígitos puede consultarse en los tres primeros dígitos del número de serie de la cámara.
Rango de temperaturas de almacenamiento	-40–+70 °C (-40–+158 °F)
Humedad	Funcionamiento y almacenamiento: 10–95 % sin condensación (IEC 359)
Encapsulado	IP 54
Choque	25 g (IEC 68-2-29)
Vibración	2 g (IEC 68-2-6)

Compatibilidad electromagnética (EMC)	Los estándares de compatibilidad electromagnética aplicables dependerán del número de tipo de cámara de tres dígitos. Se aplicarán varios de los siguientes estándares o uno de ellos: EN 61000-6-3:2001 EN 61000-6-2:2001 EN 50081-2 (emisión) EN 50082-2 (inmunidad) FCC 47 CFR, sección 15 B El número de tipo de cámara de tres dígitos puede consultarse en los tres primeros dígitos del número de serie de la cámara.
---------------------------------------	--

14.7 Especificaciones físicas

Peso	0,7 kg (1,54 libras), incluida la batería y la lente de 17 mm
Tamaño (longitud x anchura x altura)	246 x 80 x 135 mm (9,7 x 3,2 x 5,3 pulgadas) con una lente de 17 mm
Montura para el tripode	Estándar de 1/4"-20
Carcasa	Plástico y goma

14.8 Interfaces de comunicación

USB	Transferencia de las imágenes a un equipo informático USB 2.0 (velocidad máxima 12 MB)
RS-232 (opcional)	Transferencia de las imágenes a un equipo informático

14.9 Configuración de los pines

14.9.1 Conector RS-232/USB

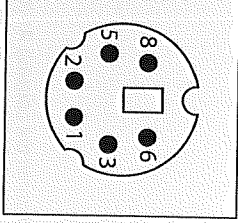


Figura 14.1 Configuración de los pines con interfaces RS-232/USB (en la cámara, extremo del usuario)

Figura 14.2 Configuración de los pines

Pin	Nombre de la señal
1	USB -
2	RS-232_TX
3	GND
4	N/C (no conectado)
5	USB POWER (electricidad)
6	USB +
7	N/C (no conectado)
8	RS-232_RX

14.9.2 Conector de alimentación

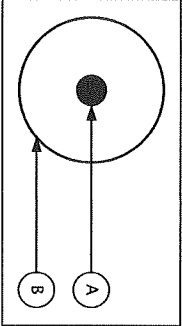


Figura 14.3 Configuración de los pines del conector de alimentación (en la cámara, extremo del usuario) A: pin central; B: chasis

Tipo de conector:	2,5 mm (CC)	
Nombre de la señal	Tipo	Número de pin
+12 V	ALIMENTACIÓN	PIN CENTRAL
GND	ALIMENTACIÓN	CHASIS

14.9.3 Conector CVBS

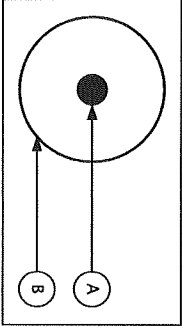


Figura 14.4 Configuración de los pines del conector CVBS (en la cámara, extremo del usuario) A: pin central; B: chasis

Tipo de conector:	RCA/PHONO	
Nombre de la señal	Tipo	Número de pin
CVBS	VÍDEO	PIN CENTRAL
GND	ALIMENTACIÓN	CHASIS

14.10 Relación entre los campos de visión y la distancia

10564203_A3

This table only applies to camera type number 215

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 87 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 4.87

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.04	0.09	0.17	0.43	0.85	2.13	4.25	8.51	m
VFOV	0.03	0.06	0.13	0.32	0.64	1.59	3.19	6.38	m
IFOV	0.27	0.53	1.06	2.66	5.32	13.29	26.58	53.16	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.14	0.28	0.56	1.39	2.79	6.97	13.94	27.89	ft.
VFOV	0.10	0.21	0.42	1.05	2.09	5.23	10.46	20.92	ft.
IFOV	0.01	0.02	0.04	0.10	0.21	0.52	1.05	2.09	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.5 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos.
D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 87 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 215.

10564203_A3

This table only applies to camera type number 215

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 54 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 7.83

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.07	0.14	0.27	0.69	1.37	3.43	6.85	13.70	m
VFOV	0.05	0.10	0.21	0.51	1.03	2.57	5.14	10.28	m
IFOV	0.43	0.86	1.71	4.28	8.56	21.41	42.82	85.65	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.22	0.45	0.90	2.25	4.49	11.23	22.47	44.93	ft.
VFOV	0.17	0.34	0.67	1.68	3.37	8.42	16.85	33.70	ft.
IFOV	0.02	0.03	0.07	0.17	0.34	0.84	1.69	3.37	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.6 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos.
D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 54 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 215.

1054803.03

This table only applies to camera type number 215

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 36 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 11.7

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.10	0.21	0.41	1.03	2.06	5.14	10.28	20.56	m
VFOV	0.08	0.15	0.31	0.77	1.54	3.85	7.71	15.42	m
IFOV	0.64	1.28	2.57	6.42	12.85	32.12	64.24	128.47	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.34	0.67	1.35	3.37	6.74	16.85	33.70	67.40	ft.
VFOV	0.25	0.51	1.01	2.53	5.05	12.64	25.27	50.55	ft.
IFOV	0.03	0.05	0.10	0.25	0.51	1.26	2.53	5.06	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.7 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos.
D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 36 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 215.

1054803.03

This table only applies to camera type number 215

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 17 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 24.5

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.22	0.44	0.87	2.18	4.35	10.88	21.76	43.53	m
VFOV	0.16	0.33	0.65	1.63	3.26	8.16	16.32	32.65	m
IFOV	1.36	2.72	5.44	13.60	27.21	68.01	136.03	272.06	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.71	1.43	2.85	7.14	14.27	35.68	71.36	142.72	ft.
VFOV	0.54	1.07	2.14	5.35	10.70	26.76	53.52	107.04	ft.
IFOV	0.05	0.11	0.21	0.54	1.07	2.68	5.36	10.71	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.8 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos.
D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 17 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 215.

10658103.03

This table only applies to camera type number 215

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 9.2 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 43.8

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.40	0.80	1.61	4.02	8.04	20.11	40.22	80.43	m
VFOV	0.30	0.60	1.21	3.02	6.03	15.08	30.16	60.33	m
IFOV	2.51	5.03	10.05	25.14	50.27	125.68	251.36	502.72	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	1.32	2.64	5.27	13.19	26.37	65.93	131.86	263.72	ft.
VFOV	0.99	1.98	3.96	9.89	19.78	49.45	98.90	197.79	ft.
IFOV	0.10	0.20	0.40	0.99	1.98	4.95	9.90	19.79	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.9 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 9,2 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 215.

10658103.03

This table only applies to camera type number 215

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 4.5 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 78.8

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.82	1.64	3.29	8.22	16.44	41.11	82.22	164.44	m
VFOV	0.62	1.23	2.47	6.17	12.33	30.83	61.67	123.33	m
IFOV	5.14	10.28	20.56	51.39	102.78	256.94	513.89	1 027.78	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	2.70	5.39	10.78	26.96	53.92	134.79	269.58	539.16	ft.
VFOV	2.02	4.04	8.09	20.22	40.44	101.09	202.19	404.37	ft.
IFOV	0.20	0.40	0.81	2.02	4.05	10.12	20.23	40.46	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.10 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 4,5 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 215.

1058037.03

This table only applies to camera type number 243												
The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.												
Focal length: 87 mm												
Resolution: 160 x 120 pixels												
Field of view in degrees: 3.68												
D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00				m
HFOV	0.03	0.06	0.13	0.32	0.64	1.61	3.22	6.44				m
VFOV	0.02	0.05	0.10	0.24	0.48	1.21	2.41	4.83				m
IFOV	0.20	0.40	0.80	2.01	4.02	10.06	20.11	40.23				mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87				ft.
HFOV	0.11	0.21	0.42	1.06	2.11	5.28	10.55	21.10				ft.
VFOV	0.08	0.16	0.32	0.79	1.58	3.96	7.91	15.83				ft.
IFOV	0.01	0.02	0.03	0.08	0.16	0.40	0.79	1.58				in.
Legend:												
D = Distance to target in meters & feet												
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet												
VFOV = Vertical field of view in meters & feet												
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches												

Figura 14.11 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 87 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 243.

1058037.03

This table only applies to camera type number 243												
The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.												
Focal length: 54 mm												
Resolution: 160 x 120 pixels												
Field of view in degrees: 5.93												
D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00				m
HFOV	0.05	0.10	0.21	0.52	1.04	2.59	5.19	10.37				m
VFOV	0.04	0.08	0.16	0.39	0.78	1.94	3.89	7.78				m
IFOV	0.32	0.65	1.30	3.24	6.48	16.20	32.41	64.81				mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87				ft.
HFOV	0.17	0.34	0.68	1.70	3.40	8.50	17.00	34.00				ft.
VFOV	0.13	0.26	0.51	1.28	2.55	6.38	12.75	25.50				ft.
IFOV	0.01	0.03	0.05	0.13	0.26	0.64	1.28	2.55				in.
Legend:												
D = Distance to target in meters & feet												
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet												
VFOV = Vertical field of view in meters & feet												
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches												

Figura 14.12 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 54 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 243.

15584803_A3

This table only applies to camera type number 243

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 36 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 8.89

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.08	0.16	0.31	0.78	1.56	3.89	7.78	15.56	m
VFOV	0.06	0.12	0.23	0.58	1.17	2.92	5.83	11.67	m
IFOV	0.49	0.97	1.94	4.86	9.72	24.31	48.61	97.22	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.26	0.51	1.02	2.55	5.10	12.25	25.50	51.00	ft.
VFOV	0.19	0.38	0.77	1.91	3.83	9.56	19.13	38.25	ft.
IFOV	0.02	0.04	0.08	0.19	0.38	0.96	1.91	3.83	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.13 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 36 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 243.

15584803_A3

This table only applies to camera type number 243

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 17 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 18.7

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.16	0.33	0.66	1.65	3.29	8.24	16.47	32.94	m
VFOV	0.12	0.25	0.49	1.24	2.47	6.18	12.35	24.71	m
IFOV	1.03	2.06	4.12	10.29	20.59	51.47	102.94	205.88	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.54	1.08	2.16	5.40	10.80	27.00	54.00	108.00	ft.
VFOV	0.41	0.81	1.62	4.05	8.10	20.25	40.50	81.00	ft.
IFOV	0.04	0.08	0.16	0.41	0.81	2.03	4.05	8.11	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.14 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 17 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 243.

1065803.33

This table only applies to camera type number 243

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 9.2 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 33.8

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.30	0.61	1.22	3.04	6.09	15.22	30.43	60.87	m
VFOV	0.23	0.46	0.91	2.28	4.57	11.41	22.83	45.65	m
IFOV	1.90	3.80	7.61	19.02	38.04	95.11	190.22	380.43	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	1.00	2.00	3.99	9.98	19.96	49.89	99.79	199.57	ft.
VFOV	0.75	1.50	2.99	7.48	14.97	37.42	74.84	149.68	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.30	0.75	1.50	3.74	7.49	14.98	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.15 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 9,2 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 243.

1065803.33

This table only applies to camera type number 243

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 4.5 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 63.7

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.62	1.24	2.49	6.22	12.44	31.11	62.22	124.44	m
VFOV	0.47	0.93	1.87	4.67	9.33	23.33	46.67	93.33	m
IFOV	3.89	7.78	15.56	38.89	77.78	194.44	388.89	777.78	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	2.04	4.08	8.16	20.40	40.80	102.00	204.01	408.01	ft.
VFOV	1.53	3.06	6.12	15.30	30.60	76.50	153.01	306.01	ft.
IFOV	0.15	0.31	0.61	1.53	3.06	7.66	15.31	30.62	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.16 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 4,5 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 243.

1064103.a3

This table only applies to camera type number 247										
The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.										
Focal length: 87 mm										
Resolution: 160 x 120 pixels										
Field of view in degrees: 4.00										
D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m	
HFOV	0.03	0.07	0.14	0.35	0.70	1.75	3.49	6.99	m	
VFOV	0.03	0.05	0.10	0.26	0.52	1.31	2.62	5.24	m	
IFOV	0.22	0.44	0.87	2.18	4.37	10.92	21.84	43.68	mm	
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.	
HFOV	0.11	0.23	0.46	1.15	2.29	5.73	11.46	22.91	ft.	
VFOV	0.09	0.17	0.34	0.86	1.72	4.30	8.59	17.18	ft.	
IFOV	0.01	0.02	0.03	0.09	0.17	0.43	0.86	1.72	in.	
Legend:										
D = Distance to target in meters & feet										
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet										
VFOV = Vertical field of view in meters & feet										
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches										

Figura 14.17 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 87 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 247.

1064403.a3

This table only applies to camera type number 247												
The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.												
Focal length: 54 mm												
Resolution: 160 x 120 pixels												
Field of view in degrees: 6.44												
D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m			
HFOV	0.06	0.11	0.23	0.56	1.13	2.81	5.63	11.26	m			
VFOV	0.04	0.08	0.17	0.42	0.84	2.11	4.22	8.44	m			
IFOV	0.35	0.70	1.41	3.52	7.04	17.59	35.19	70.37	mm			
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.			
HFOV	0.18	0.37	0.74	1.85	3.69	9.23	18.46	36.92	ft.			
VFOV	0.14	0.28	0.55	1.38	2.77	6.92	13.84	27.69	ft.			
IFOV	0.01	0.03	0.06	0.14	0.28	0.69	1.39	2.77	in.			
Legend:												
D = Distance to target in meters & feet												
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet												
VFOV = Vertical field of view in meters & feet												
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches												

Figura 14.18 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 54 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 247.

1056003_03

This table only applies to camera type number 247

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 36 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 9.65

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.08	0.17	0.34	0.84	1.69	4.22	8.44	16.89	m
VFOV	0.06	0.13	0.25	0.63	1.27	3.17	6.33	12.67	m
IFOV	0.53	1.06	2.11	5.28	10.56	26.39	52.78	105.56	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.28	0.55	1.11	2.77	5.54	13.84	27.69	55.37	ft.
VFOV	0.21	0.42	0.83	2.08	4.15	10.38	20.77	41.53	ft.
IFOV	0.02	0.04	0.08	0.21	0.42	1.04	2.08	4.16	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.19 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 36 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 247.

1056003_03

This table only applies to camera type number 247

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 17 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 20.2

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.18	0.36	0.72	1.79	3.58	8.94	17.88	35.76	m
VFOV	0.13	0.27	0.54	1.34	2.68	6.71	13.41	26.82	m
IFOV	1.12	2.24	4.47	11.18	22.35	55.88	111.76	223.53	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.59	1.17	2.35	5.86	11.73	29.32	58.63	117.26	ft.
VFOV	0.44	0.88	1.76	4.40	8.79	21.99	43.97	87.95	ft.
IFOV	0.04	0.09	0.18	0.44	0.88	2.20	4.40	8.80	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.20 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 17 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 247.

1056903.03

This table only applies to camera type number 247

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 9.2 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 36.5

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.33	0.66	1.32	3.30	6.61	16.52	33.04	66.09	m
VFOV	0.25	0.50	0.99	2.48	4.96	12.39	24.78	49.57	m
IFOV	2.07	4.13	8.26	20.65	41.30	103.26	206.52	413.04	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	1.08	2.17	4.33	10.83	21.67	54.17	108.34	216.68	ft.
VFOV	0.81	1.63	3.25	8.13	16.25	40.63	81.25	162.51	ft.
IFOV	0.08	0.16	0.33	0.81	1.63	4.07	8.13	16.26	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.21 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 9.2 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 247.

1056903.03

This table only applies to camera type number 247

The three-digit camera type number is the three first digits in the camera S/N.

Focal length: 4.5 mm

Resolution: 160 x 120 pixels

Field of view in degrees: 68.0

D →	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.68	1.35	2.70	6.76	13.51	33.78	67.56	135.11	m
VFOV	0.51	1.01	2.03	5.07	10.13	25.33	50.67	101.33	m
IFOV	4.22	8.44	16.89	42.22	84.44	211.11	422.22	844.44	mm
D →	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	2.21	4.43	8.86	22.15	44.30	110.75	221.49	442.99	ft.
VFOV	1.66	3.32	6.64	16.61	33.22	83.06	166.12	332.24	ft.
IFOV	0.17	0.33	0.66	1.66	3.32	8.31	16.62	33.25	in.

Legend:

D = Distance to target in meters & feet

HFOV = Horizontal field of view in meters & feet

VFOV = Vertical field of view in meters & feet

IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches

Figura 14.22 Campos de visión horizontal, vertical e instantáneo para determinadas distancias a los objetos. D = distancia al objeto. Lente de infrarrojos de 4.5 mm. Sólo se aplica al tipo de cámara 247.

Figura 14.23 Número F y límites de enfoque cercano para diversas lentes

Lente de infrarrojos →	36 mm	17 mm	9.2 mm
Límite de enfoque cercano (m)	0.70	0.30	0.01
Límite de enfoque cercano (pies)	2.30	0.98	0.03
Número F	1.2	1.2	1.2

14.11 Gráficos de dimensiones de la cámara

10284603_M4

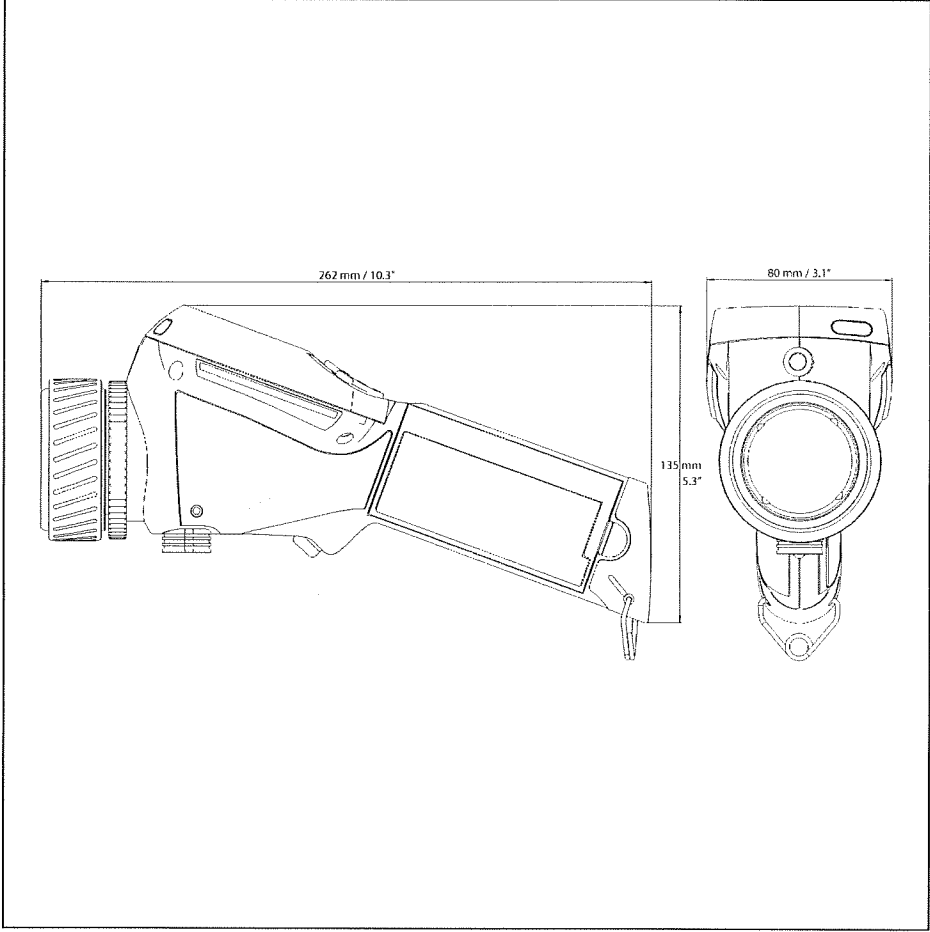


Figura 14.24 Dimensiones generales de la cámara con una lente de infrarrojos de 36 mm.

10284603_M4

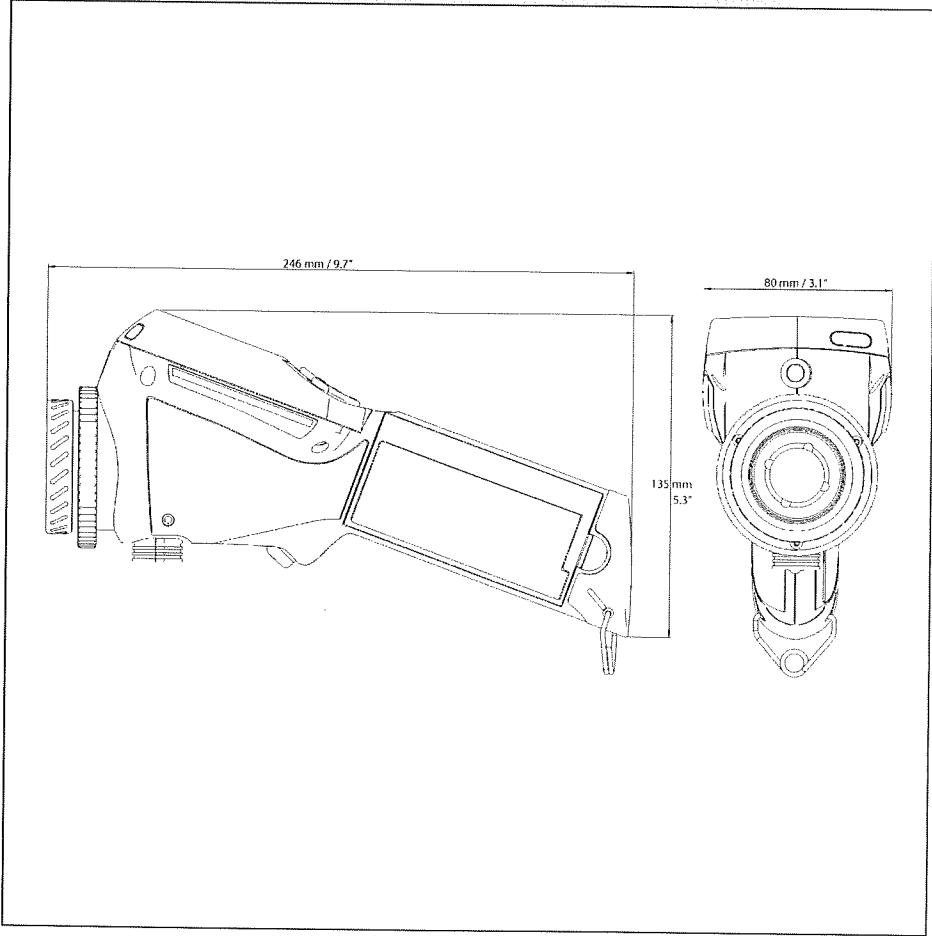


Figura 14.25 Dimensiones generales de la cámara con una lente de infrarrojos de 17 mm.

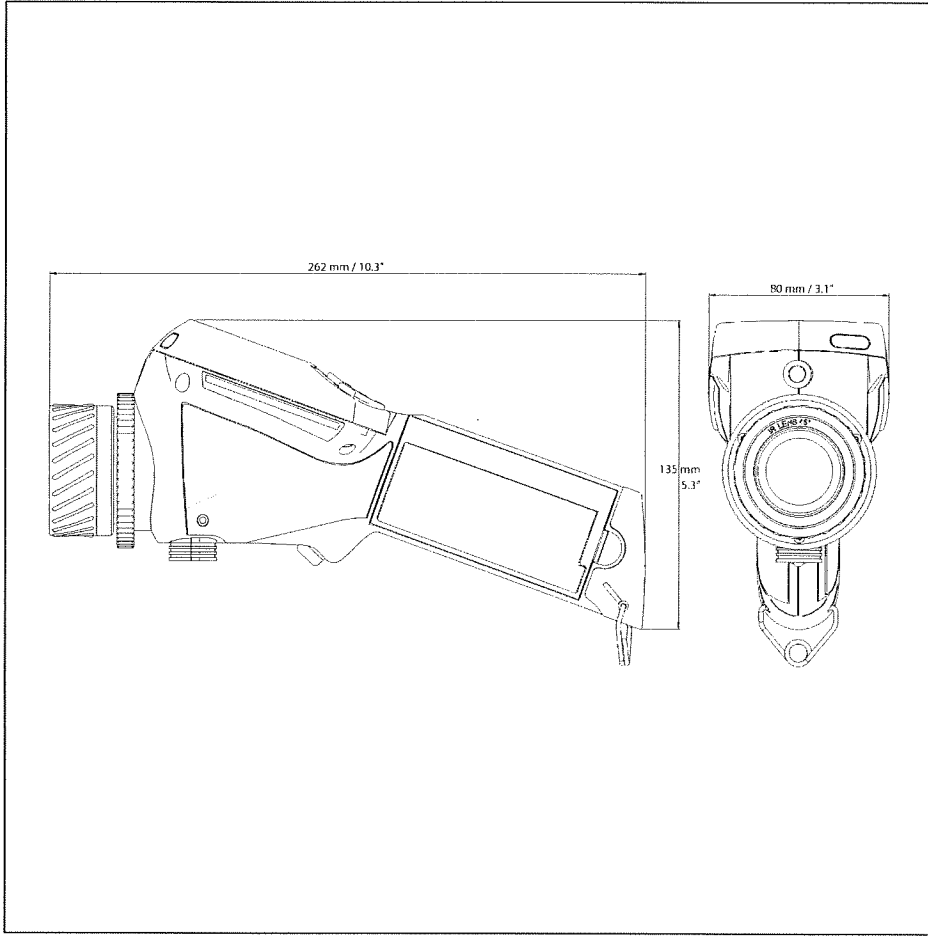


Figura 14.26 Dimensiones generales de la cámara con una lente de infrarrojos de 9,2 mm.

14.12

Cargador de batería - Gráfico de dimensiones

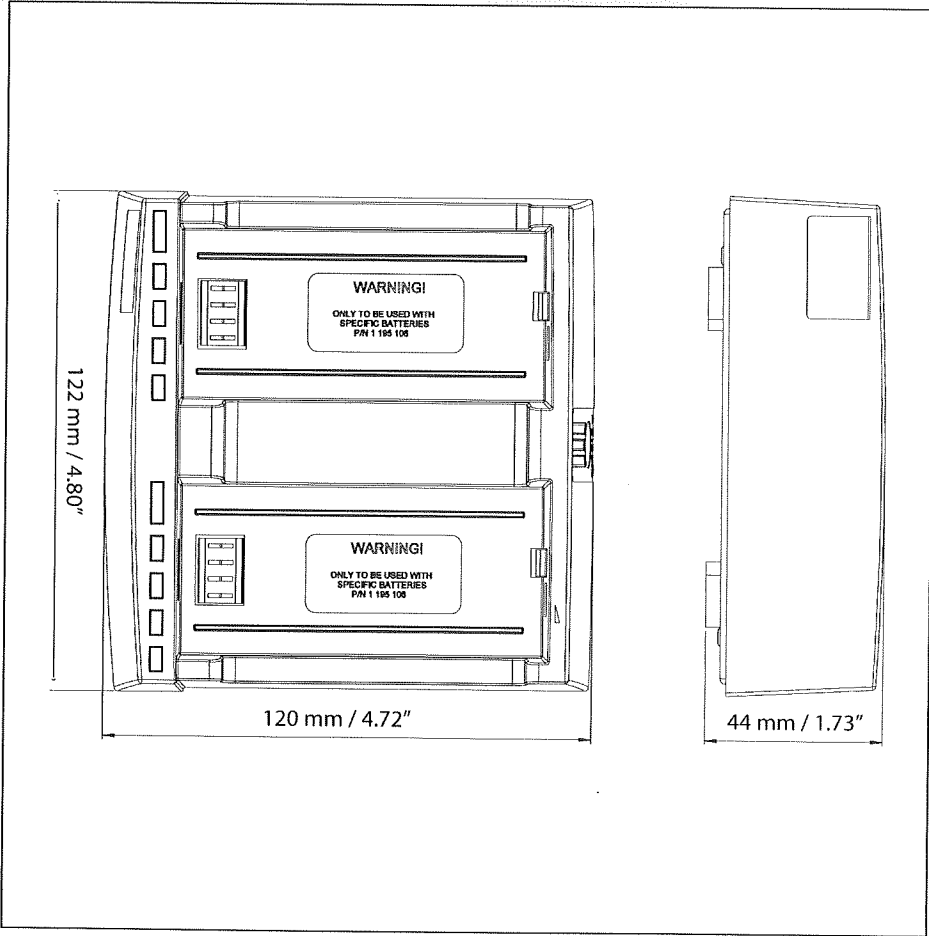


Figura 14.27 Dimensiones generales del cargador de batería

14.13 Gráfico de dimensiones de la batería

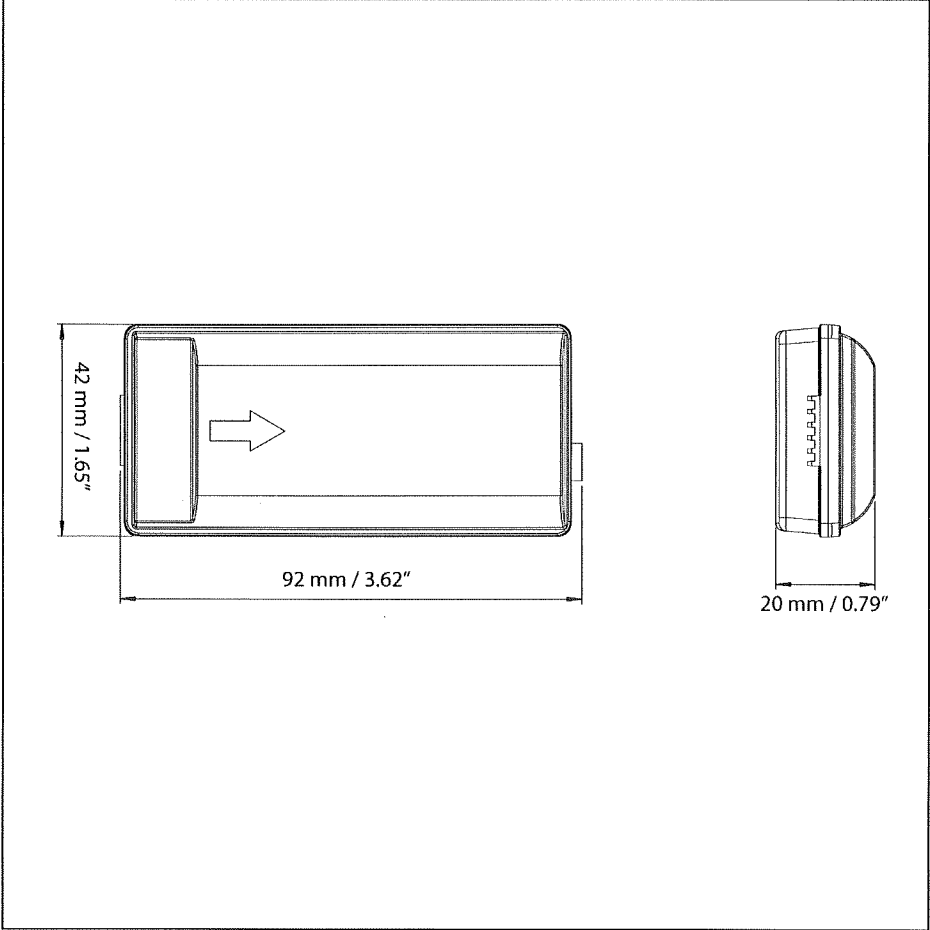


Figura 14.28 Dimensiones generales de la batería

15 Glosario

Término o expresión	Explicación
absorción	Cantidad de radiación absorbida por un objeto con respecto a la radiación recibida. Se expresa mediante un número comprendido entre 0 y 1.
ajuste automático	Función que permite a la cámara realizar una corrección interna de la imagen.
ajuste continuo	Función que se encarga de ajustar la imagen. Esta función funciona permanentemente, ajustando continuamente el brillo y el contraste de acuerdo con el contenido de la imagen.
ajuste manual	Método para ajustar la imagen mediante el cambio manual de ciertos parámetros.
ambiente	Objetos y gases que emiten radiación hacia el objeto que se está midiendo.
atmósfera	Gases presentes entre el objeto que se está midiendo y la cámara. Normalmente, se trata de aire.
autopaleta	La imagen de infrarrojos se representa mediante diversos colores, mostrando los objetos fríos y los calientes de forma simultánea.
campo	Intervalo de la escala de temperatura expresado normalmente como valor de una señal.
cavidad isotérmica	Radiador con forma de botella con una temperatura uniforme y que puede verse a través del cuello de la botella.
color de saturación	Las áreas con temperaturas situadas fuera de la configuración de nivel/campo aparecen coloreadas mediante colores de saturación. Entre los colores de saturación hay un color de 'exceso' y un color de 'defecto'.
conducción	También existe un tercer color rojo de saturación que marca todo como saturado y que indica que probablemente el rango debería cambiarse.
convección	Fenómeno que hace que el calor se propague por un material. Fenómeno que hace que el aire o el líquido ascendan cuando están calientes.

Término o expresión	Explicación
corrección de imagen (interna o externa)	Método para compensar las diferencias de sensibilidad en las distintas partes de las imágenes en vivo, así como para estabilizar la cámara.
cuerpo gris	Objeto que emite una fracción fija de la cantidad de energía correspondiente a un cuerpo negro en cada longitud de onda.
cuerpo negro	Objeto que no refleja ninguna radiación. Toda la radiación que emite se debe a su propia temperatura.
diferencia de temperatura	Resultado de restar dos valores de temperatura.
emisión espectral	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo, área y longitud de onda ($W/m^2/\mu m$).
emisividad	Cantidad de radiación procedente de un objeto con respecto a la de un cuerpo negro. Se expresa mediante un número comprendido entre 0 y 1.
emilancia	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo y área (W/m^2).
energía de radiación	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo (W).
energía radiada	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo, área y ángulo ($W/m^2/sr$).
escala de temperatura	Forma en que se muestra una imagen de infrarrojos. Se expresa mediante dos valores de temperatura que limitan los colores.
filtro	Material transparente sólo en algunas longitudes de onda infrarrojas.
FOV	Siglas del inglés <i>Field of view</i> (campo de vision). Ángulo horizontal visible a través de una lente de infrarrojos.
FPA	Siglas del inglés <i>Focal plane array</i> (matriz de plano focal). Es un tipo de detector de infrarrojos.
humedad relativa	Porcentaje de agua presente en el aire con respecto a lo que es físicamente posible. Depende de la temperatura del aire.
IFOV	Siglas del inglés <i>Instantaneous field of view</i> (campo de visión instantáneo). Medida de la resolución geométrica de una cámara de infrarrojos.

Término o expresión	Explicación
índice de reflexión	Cantidad de radiación reflejada por un objeto con respecto a la radiación recibida. Se expresa mediante un número comprendido entre 0 y 1.
infrarrojos	Radiación invisible con una longitud de onda de entre 2 y 13 μm .
IR	Infrarrojos.
isotermia	Función que resalta las partes de una imagen situadas por encima o por debajo de una temperatura, o bien entre uno o varios intervalos de temperatura.
isotermia doble	Isotermia con dos bandas de color en lugar de una.
isotermia transparente	Isotermia que muestra una propagación lineal de colores en lugar de cubrir las partes resaltadas de la imagen.
Láser LocalIR	Fuente de luz con alimentación eléctrica presente en la cámara que emite radiación láser mediante un haz fino y concentrado mediante el cual se puede apuntar a ciertas partes del objeto situado delante de la cámara.
NETD	Siglas del inglés <i>Noise equivalent temperature difference</i> (diferencia de temperatura equivalente al ruido). Medida del nivel de ruido de la imagen en una cámara de infrarrojos.
nivel	Valor central de la escala de temperatura expresado normalmente como valor de una señal.
óptica externa	Lentes, filtros, escudos térmicos, etc. adicionales que se pueden colocar entre la cámara y el objeto que se está midiendo.
paleta	Conjunto de colores utilizados para mostrar una imagen de infrarrojos.
parámetros de objeto	Conjunto de valores que describen las circunstancias en las que se ha realizado la medida de un objeto y el objeto en sí (por ejemplo la emisividad, la temperatura ambiente, la distancia, etc.).
pixel	Del inglés <i>picture element</i> (elemento de imagen). Se trata de un punto individual perteneciente a una imagen.

Término o expresión	Explicación
puntero láser	Fuente de luz con alimentación eléctrica presente en la cámara que emite radiación láser mediante un haz fino y concentrado mediante el cual se puede apuntar a ciertas partes del objeto situado delante de la cámara.
radiación	Fenómeno por el cual un objeto o un gas emite energía electromagnética.
radiador	Equipo de radiación de infrarrojos con las propiedades de un cuerpo negro utilizado para calibrar las cámaras de infrarrojos.
radiador	Equipo de radiación infrarroja.
radiador de cavidad	Radiador con forma de botella cuyo interior es absorbente y que puede verse a través del cuello de la botella.
rango	Límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos rangos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.
rango de temperaturas	Límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos rangos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.
ruido	Pequeña interferencia superflua de la imagen de infrarrojos.
señal de objeto	Valor sin calibrar relacionado con la cantidad de radiación recibida por la cámara desde el objeto.
temperatura del color	Temperatura en la que el color de un cuerpo negro coincide con un color concreto.
temperatura de referencia	Temperatura con la que pueden compararse los valores medidos.
termograma	Imagen de infrarrojos.
transmisión	Los gases y otros materiales pueden ser más o menos transparentes. La transmisión es la cantidad de radiación infrarroja que pasa a través de ellos. Se expresa mediante un número comprendido entre 0 y 1.
transmisión estimada	Valor de transmisión proporcionado por el usuario que reemplaza al calculado.

Término o expresión	Explicación
transmisión procesada	Valor de transmisión calculado a partir de la temperatura, la humedad relativa del aire y la distancia al objeto.

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

16 Técnicas de medida termográfica

16.1 Introducción

Una cámara de infrarrojos mide y toma imágenes de la radiación infrarroja emitida por un objeto. El hecho de que la radiación sea una función de la temperatura de la superficie del objeto permite a la cámara calcular y visualizar dicha temperatura.

Sin embargo, la radiación medida por la cámara no sólo depende de la temperatura del objeto, sino que además es una función de la emisividad. También se origina radiación en el entorno, la cual se refleja en el objeto. La radiación procedente del objeto y la radiación reflejada se verán influidas también por la absorción de la atmósfera.

Para medir la temperatura con precisión, es necesario compensar los efectos de diversas fuentes de radiación distintas. Este proceso lo realiza automáticamente la cámara. No obstante, es necesario proporcionar los siguientes parámetros del objeto a la cámara:

- La emisividad del objeto
- La temperatura aparente reflejada
- La distancia entre el objeto y la cámara
- La humedad relativa
- Temperatura de la atmósfera

16.2 Emisividad

El parámetro de objeto más importante que debe ajustarse correctamente es la emisividad, que, en pocas palabras, es una medida de la cantidad de radiación emitida por el objeto en comparación con la de un cuerpo negro perfecto de la misma temperatura.

Normalmente, los materiales del objeto, así como los tratamientos superficiales, presentan una emisividad que oscila aproximadamente entre 0,1 y 0,95. Una superficie extremadamente pulida (un espejo) se sitúa por debajo de 0,1, mientras que una superficie oxidada o pintada presenta una mayor emisividad. La pintura al óleo, independientemente del color del espectro visible, tiene una emisividad por encima de 0,9 en el infrarrojo. La emisividad de la piel humana está entre 0,97 y 0,98.

Los metales no oxidados representan un caso extremo de una opacidad perfecta y una enorme reflectividad, lo que no varía en gran medida con la longitud de onda. En consecuencia, la emisividad de los metales es baja y sólo aumenta con la temperatura. En el caso de los objetos no metálicos, la emisividad tiende a ser alta y disminuye con la temperatura.

16.2.1 Determinación de la emisividad de una muestra

16.2.1.1 Paso 1: determinación de la temperatura aparente reflejada

Utilice uno de los dos métodos siguientes para determinar la temperatura ambiente reflejada:

16.2.1.1.1 Método 1: método directo

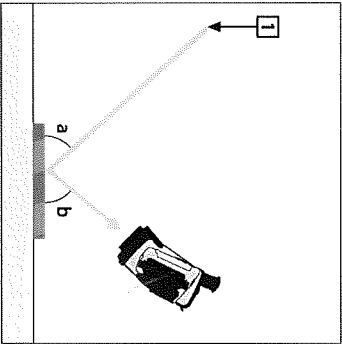
Paso	Acción
1	Busque posibles fuentes de reflexión, teniendo en cuenta que el ángulo de incidencia = ángulo de reflexión ($a = b$). 

Figura 16.1 1 = origen de reflexión

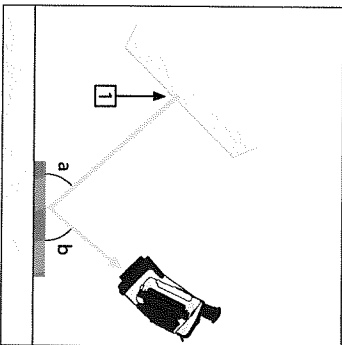
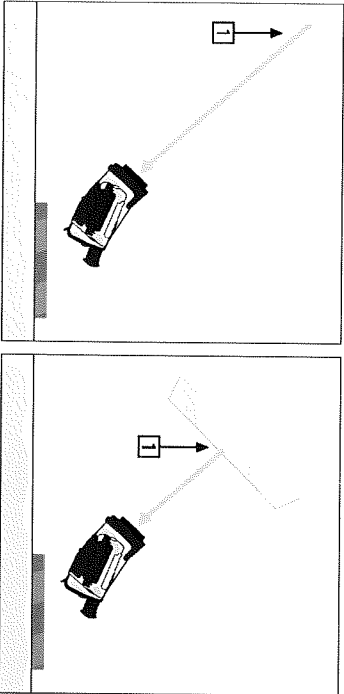
Paso	Acción
2	Si el origen de la reflexión es un punto fijo, modifíquelo obstruyéndolo mediante un trozo de cartón. 
3	Figura 16.2 1 = origen de reflexión Mida la intensidad de la radiación (= temperatura aparente) del origen de la reflexión con los siguientes parámetros: ■ Emisividad: 1,0 ■ D_{obj} : 0 Puede medir la intensidad de la radiación empleando uno de los dos métodos siguientes: 

Figura 16.3 1 = origen de reflexión

➡ Tenga en cuenta lo siguiente:

No es recomendable utilizar un termopar para medir la temperatura de reflexión por dos motivos importantes:

- Un termopar no mide la intensidad de la radiación.

- Un termopar requiere un contacto térmico muy bueno con la superficie, normalmente pegando y cubriendo el sensor con un aislante térmico.

16.2.1.1.2

Método 2: método de reflector

Paso	Acción
1	Haga una bola con un gran trozo de papel de aluminio.
2	Deshega la bola de papel de aluminio y pegue el papel en un trozo de cartón del mismo tamaño.
3	Coloque el cartón delante del objeto que desee medir. Asegúrese de que el lado con el papel de aluminio mire hacia la cámara.
4	Establezca un valor de emisividad de 1,0.
5	Mida la temperatura aparente del papel de aluminio y anótelas.

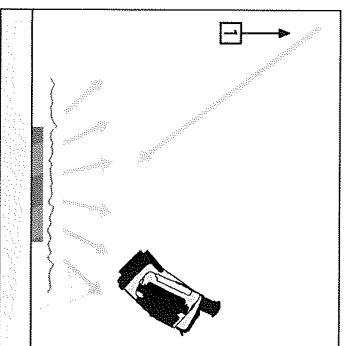


Figura 16.4. Medición de la temperatura aparente del papel de aluminio

16.2.1.2

Paso 2: determinación de la emisividad

Paso	Acción
1	Seleccione un lugar en el que colocar la muestra.
2	Determine y establezca la temperatura aparente reflejada según el procedimiento anterior.
3	Coloque en la muestra un trozo de cinta aislante cuya elevada emisividad le sea conocida.
4	Caliente la muestra al menos a 20 °K sobre la temperatura ambiente. Debe calentarse de forma razonablemente regular.
5	Enfoque y ajuste automáticamente la cámara y congele la imagen.
6	Ajuste las opciones Nivel y Campo para obtener niveles de brillo y contraste óptimos en las imágenes.

Paso	Acción
7	Establezca una emisividad similar a la de la cinta (normalmente 0,97).
8	Mida la temperatura de la cinta utilizando una de las siguientes funciones de medida: ■ Isotermia (permite determinar tanto la temperatura como el grado de regularidad al calentar la muestra). ■ Punto (más simple). ■ Cuadro (med.) (apropiada para superficies con emisividad variable).
9	Anote la temperatura.
10	Nueva la función de medida a la superficie de la muestra.
11	Cambie el valor de emisividad hasta que lea la misma temperatura que en la medida anterior.
12	Anote la emisividad.

● Tenga en cuenta lo siguiente:

- Evite forzar la convección.
- Busque un entorno térmico estable que no genere reflexiones de puntos.
- Utilice cinta de gran calidad, que sepa que no es transparente y de la que conozca su emisividad y sea elevada.
- Este método presupone que la temperatura de la cinta y la de la superficie de muestra son idénticas. Si no lo son, la medición de la emisividad será errónea.

16.3

Temperatura aparente reflejada

Este parámetro se utiliza para compensar la radiación reflejada en el objeto. Si la emisividad es baja y la temperatura del objeto está relativamente alejada de la reflejada, es importante establecer la temperatura aparente reflejada y compensarla correctamente.

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

17 Historia de la tecnología de infrarrojos

Hace algo menos de 200 años, ni siquiera se sospechaba la existencia de la región infrarroja del espectro electromagnético. La importancia original del espectro infrarrojo (al que suele hacerse referencia simplemente como "los infrarrojos") como forma de radiación calorífica es probablemente menos obvia hoy en día que en la época de su descubrimiento por parte de Herschel, en 1800.

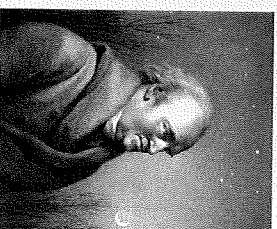


Figura 17.1 Sir William Herschel (1738–1822)

El descubrimiento fue accidental y se produjo durante la investigación de un nuevo material óptico. Sir William Herschel, astrónomo real del rey Jorge III de Inglaterra y ya famoso anteriormente por haber descubierto el planeta Urano, estaba investigando con el fin de encontrar un material para filtros ópticos que lograra reducir el brillo de la imagen del sol en los telescopios al realizar observaciones solares. Al probar diferentes muestras de cristales de colores que proporcionaban similares reducciones del brillo, le llamó la atención descubrir que algunas de las muestras dejaban pasar muy poco calor solar, mientras que otras dejaban pasar tanto calor que podrían producir daños oculares tras unos pocos segundos de observación.

De inmediato, Herschel se dio cuenta de la necesidad de realizar un experimento sistemático, con el fin de descubrir un material que proporcionase la reducción deseada del brillo y al mismo tiempo la máxima reducción posible del calor. Empezó el experimento repitiendo el experimento de prismas de Newton, pero buscando el efecto calorífico en lugar de la distribución visual de la intensidad en el espectro. Al principio oscureció el bulbo de un termómetro de mercurio con tinta y, utilizándolo como detector de radiación, procedió a probar el efecto calorífico de los diferentes colores del espectro que se formaban encima de una mesa haciendo pasar la luz del sol a través de un prisma de cristal. Otros termómetros, colocados fuera del alcance de los rayos del sol, servían como controles.

A medida que el termómetro oscurecido se movía lentamente por los colores del espectro, las lecturas de las temperaturas mostraban un incremento fijo desde el extremo violeta hasta el rojo. Esto no era especialmente sorprendente, ya que el investigador italiano Landriani había observado exactamente el mismo efecto en un experimento similar realizado en 1777. No obstante, fue Herschel el primero en darse cuenta de que debía haber un punto en el que el efecto calorífico llegase al máximo y que las medidas confinadas a la parte visible del espectro no mostraban este punto.

10398037.a1



Figura 17.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

Al mover el termómetro en la región oscura, más allá del extremo rojo del espectro, Herschel confirmó que el calor seguía aumentando. El punto máximo, cuando lo encontró, estaba mucho más allá del extremo rojo, dentro de la región que hoy conocemos como "longitudes de onda infrarrojas".

Cuando Herschel reveló su descubrimiento, denominó a esta nueva región del espectro electromagnético "espectro termométrico". A veces hizo referencia a la propia radiación como "calor oscuro" o simplemente "los rayos invisibles". Irónicamente y contradiciendo la opinión popular, no fue Herschel el que acuñó el término "infrarrojo". Esta palabra sólo empezó a utilizarse en documentos impresos unos 75 años después, y su creador aún permanece en el anonimato.

EI que Herschel utilizara cristal en los prismas de su experimento original provocó cierta controversia inicial con algunos de sus contemporáneos acerca de la existencia real de las longitudes de onda infrarrojas. Diferentes investigadores, intentando confirmar la validez de su trabajo, utilizaron diferentes tipos de cristal de forma indiscriminada, obteniendo diferentes transparencias en los infrarrojos. En sus experimentos posteriores, Herschel observó la transparencia limitada del cristal a la radiación térmica recién descubierta, y llegó a la conclusión de que las lentes utilizadas para los infrarrojos debían ser forzosamente elementos reflectantes (espejos curvos y lisos). Afortunadamente, en 1830 se descubrió que esto no era cierto, cuando el investigador italiano Melloni realizó su gran descubrimiento: la sal de roca (NaCl), que estaba

disponible en cristales naturales lo suficientemente grandes para hacer lentes y prismas, es considerablemente transparente a los infrarrojos. La consecuencia fue que la sal de roca se convirtió en el principal material óptico para los infrarrojos, y continuó siéndolo durante los 100 años siguientes, hasta que se dominó el arte de la creación de cristal sintético en los años 30.

10398037.a1



Figura 17.3 Macedonio Melloni (1798–1854)

Los termómetros fueron los únicos medidores de radiación hasta 1829, año en el que Nobili inventó el termopar. (El termómetro de Herschel podía medir solamente hasta 0,2 °C [0,036 °F] y los modelos posteriores podían hacerlo hasta 0,05 °C [0,09 °F].) Posteriormente se produjo un gran descubrimiento: Melloni conectó varios termopares en serie para crear la primera termopila. El nuevo dispositivo era al menos 40 veces más sensible a la radiación calorífica que el mejor termómetro del momento. Era capaz de detectar el calor de una persona a una distancia de 3 metros.

La captura de la primera "imagen de calor" se hizo posible en 1840, como resultado del trabajo de Sir John Herschel, hijo del descubridor de los infrarrojos y famoso astrónomo por méritos propios. Basándose en la diferente evaporación de una fina capa de aceite al exponerla a un patrón de calor enfocado hacia ella, la imagen térmica podía verse gracias a la luz reflejada en los lugares en los que los efectos de interferencia de la capa de aceite hacían que la imagen fuese visible para el ojo humano. Sir John también consiguió obtener un registro primitivo de la imagen térmica en papel y lo llamó "termografía".



Figura 17.4 Samuel P. Langley (1834-1906)

Las mejoras en la sensibilidad de los detectores de infrarrojos fueron sucediéndose lentamente. Otro descubrimiento de gran importancia, realizado por Langley en 1880, fue la invención del bolómetro. Éste consistía en una delgada tira de platino oscurecido conectada a uno de los brazos de un puente de Wheatstone sobre la que se enfocaba la radiación infrarroja y a la que respondía un galvanómetro sensible. En teoría, este instrumento era capaz de detectar el calor de una vaca a una distancia de 400 metros.

Un científico inglés, Sir James Dewar, fue el primero en utilizar gases líquidos como agentes enfriadores (por ejemplo, nitrógeno líquido con una temperatura de -196°C [$-320,8^{\circ}\text{F}$]) en investigaciones a bajas temperaturas. En 1892 inventó un revolucionario contenedor aislante de vacío que permitía almacenar gases en estado líquido durante varios días. Los "termos" normales de hoy en día, que suelen utilizarse para conservar bebidas frías o calientes, están basados en su descubrimiento.

Entre los años 1900 y 1920, los inventores del mundo "descubrieron" los infrarrojos. Se crearon muchas patentes de dispositivos para detectar personas, artillería, aviones, barcos e incluso icebergs. Los primeros sistemas que funcionaban en el sentido moderno comenzaron a desarrollarse durante la guerra de 1914 a 1918, cuando ambos bandos tenían programas de investigación dedicados a las aplicaciones militares de los infrarrojos. Estos programas incluían sistemas experimentales para la detección de intrusiones del enemigo, sensores de temperatura remotos, comunicaciones seguras y "torpedos aéreos" guiados. Un sistema de búsqueda por infrarrojos probado durante esta época fue capaz de detectar un avión aproximándose a una distancia de 1,5 km (0,94 millas) y una persona a una distancia de más de 300 metros (984 pies).

Los sistemas más sensibles hasta la fecha estaban basados en variaciones sobre la idea del bolómetro, pero el período de entreguerras fue testigo del desarrollo de dos nuevos detectores de infrarrojos revolucionarios: el convertor de imágenes y el de-

lector de fotones. Al principio, el convertor de imágenes fue el que más atención recibió por parte de los militares, ya que por vez primera en la historia permitía a un observador ver en la oscuridad literalmente. Sin embargo, la sensibilidad del convertor de imágenes estaba limitada a las longitudes de onda infrarrojas más cercanas y los objetivos militares más interesantes, por ejemplo los soldados enemigos, tenían que ser iluminados por haces infrarrojos de búsqueda. Dado que esto implicaba el riesgo de delatar la posición del observador a un observador enemigo con un equipo similar, es comprensible que el interés militar en el convertor de imágenes fuera reduciéndose progresivamente.

Las desventajas tácticas para los militares de los llamados sistemas térmicos de imagen "activos" (es decir, equipados con un haz de búsqueda) proporcionaron un cierto impulso después de la guerra de 1939 a 1945 a programas de investigación militar secretos y más ambiciosos, que tenían el objetivo de desarrollar sistemas "pasivos" (sin haz de búsqueda) tomando como base el extremadamente sensible detector de fotones. Durante este período, las normativas sobre los secretos militares evitaban por completo que se revelase el estado de la tecnología de imágenes infrarrojas. Este secretismo sólo empezó a desaparecer a mediados de los 50, y desde ese momento la ciencia y la industria civil empezaron a tener a su disposición dispositivos de imágenes térmicas adecuados para sus necesidades.

18 Teoría de la termografía

18.1 Introducción

Los temas de la radiación infrarroja y la técnica relacionada de la termografía son nuevos para muchos de los que utilizarán una cámara de infrarrojos. En esta sección encontrará la teoría en la que se apoya la termografía.

18.2 El espectro electromagnético

El espectro electromagnético se divide arbitrariamente en diversas zonas con distintas longitudes de onda llamadas *bandas*, que se distinguen por los métodos utilizados para producir y detectar la radiación. No existen diferencias fundamentales entre la radiación de las distintas bandas del espectro electromagnético. Todas ellas están regidas por las mismas leyes y las únicas diferencias son las debidas a las diferencias en la longitud de la onda.

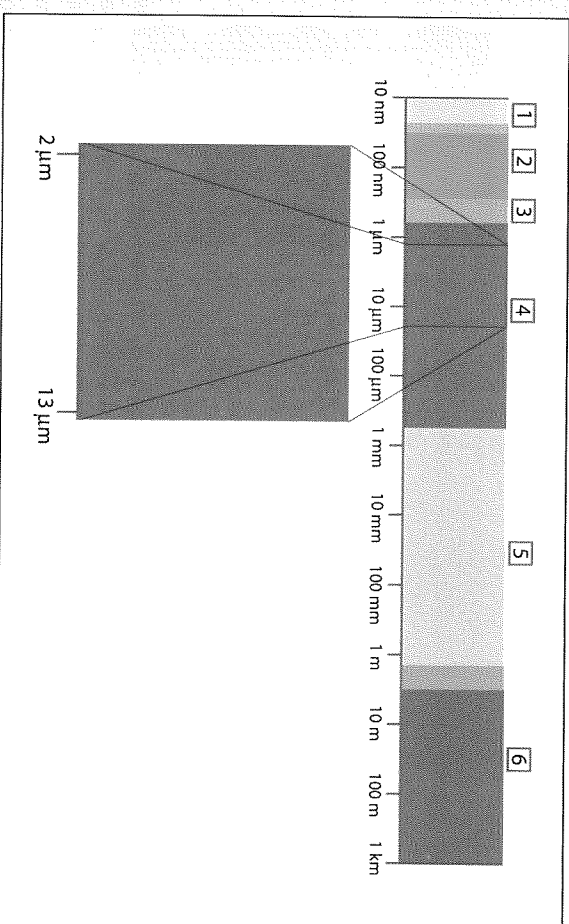


Figura 18.1 El espectro electromagnético. 1: rayos X. 2: UV. 3: visible. 4: IR. 5: microondas. 6: ondas de radio.

La termografía utiliza la banda espectral del infrarrojo. En el extremo de la longitud de onda corta, la frontera se encuentra en el límite de la percepción visual, en el rojo profundo. En el extremo de la longitud de onda larga, se funde con las longitudes de onda de radio de microondas, en el intervalo del milímetro.

PÁGINA EN BLANCO INTENCIONADAMENTE

Con frecuencia, la banda del infrarrojo se subdivide en cuatro bandas menores cuyos límites son igualmente arbitrarios. Se trata de: la *infrarroja cercana* (0.75–3 μm), la *infrarroja media* (3–6 μm), la *infrarroja lejana* (6–15 μm) y la *infrarroja extrema* (15–100 μm). Aunque las longitudes de onda se expresan en micrómetros (μm), a menudo se siguen utilizando otras unidades para medir la longitud de onda de esta región del espectro, como el nanómetro (nm) y el ángstrom ($\text{\AA}$).

La relación entre las diferentes medidas de la longitud de onda es:

$$10\,000\text{ \AA} = 1\,000\text{ nm} = 1\text{ }\mu = 1\text{ }\mu\text{m}$$

18.3 Radiación de un cuerpo negro

Un cuerpo negro se define como un objeto que absorbe toda la radiación que incide sobre él con cualquier longitud de onda. La aparente contradicción de llamar *negro* a un objeto que emite radiación se explica mediante la Ley de Kirchhoff (llamada así en honor a *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824–1887), que establece que un cuerpo capaz de absorber toda la radiación en cualquier longitud de onda es igualmente capaz de emitirla.

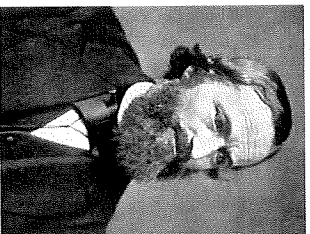


Figura 18.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

La construcción de una fuente de cuerpo negro es, en principio, muy simple. Las características de la radiación de una abertura en una cavidad isotérmica formada por un material opaco absorbente equivalen casi exactamente a las propiedades de un cuerpo negro. Una aplicación práctica del principio de la construcción de un absorbente perfecto de la radiación consiste en una caja hermética a la luz, excepto por una abertura en una de sus caras. Cualquier radiación que penetre por el orificio es filtrada y absorbida por las reflexiones repetidas, de forma que únicamente puede escapar una fracción infinitesimal. La negrura obtenida en la abertura es casi igual a un cuerpo negro y casi perfecta para todas las longitudes de onda.

Al dotar a dicha cavidad isotérmica con un calentador adecuado, se convierte en lo que se conoce como *radiador de cavidad*. Una cavidad isotérmica calentada a una temperatura uniforme genera radiación de cuerpo negro, cuyas características se definen únicamente por la temperatura de la cavidad. Dichos radiadores de cavidad se utilizan normalmente como fuentes de radiación en normas de referencia de temperatura en los laboratorios de calibración de instrumental termográfico, como por ejemplo las cámaras de FLIR Systems.

Si la temperatura de la radiación del cuerpo negro aumenta por encima de 525 °C (977 °F), la fuente comienza a ser visible, de forma que deja de ser negra para el ojo humano. Ésta es la temperatura incipiente del rojo del radiador, que posteriormente se convierte en naranja o amarillo a medida que la temperatura aumenta. De hecho, la definición de la llamada *temperatura de incandescencia* de un objeto es la temperatura a la que un cuerpo negro tendría que calentarse para alcanzar el mismo aspecto.

Pasemos ahora a considerar tres expresiones que describen la radiación emitida por un cuerpo negro.

18.3.1 Ley de Planck



Figura 18.3 Max Planck (1858–1947)

Max Planck (1858–1947) describió la distribución espectral de la radiación de un cuerpo negro mediante la siguiente fórmula:

$$W_{\lambda} = \frac{2\pi hc^3}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} \times 10^{-6} \left[\text{Watt}/\text{m}^2 \mu\text{m} \right]$$

donde:

W_{λ}	Emitancia radiante espectral del cuerpo negro con una longitud de onda de λ .
---------------	---

c	Velocidad de la luz = 3×10^8 m/s.
h	Constante de Planck = $6,6 \times 10^{-34}$ J/s.
k	Constante de Boltzmann = $1,4 \times 10^{-23}$ J/K.
T	Temperatura absoluta (K) de un cuerpo negro.
λ	Longitud de onda (μm).

Se utiliza el factor 10^{-6} debido a que la emitiencia espectral en las curvas se expresa en $\text{W}/\text{m}^2\text{m}$. Si se excluyera el factor, la dimensión sería $\text{W}/\text{m}^2\mu\text{m}$.

Al plasmarla en gráficos para diversas temperaturas, la fórmula de Planck produce una familia de curvas. Siguiendo cualquier curva concreta de Planck, la emitiencia espectral es cero cuando $\lambda = 0$; posteriormente aumenta rápidamente hasta un máximo cuando la longitud de onda es λ_{max} . Superado este punto, se aproxima al cero de nuevo con longitudes de onda muy largas. Cuanto más elevada es la temperatura, más corta es la longitud de onda a la que se establece el punto máximo.

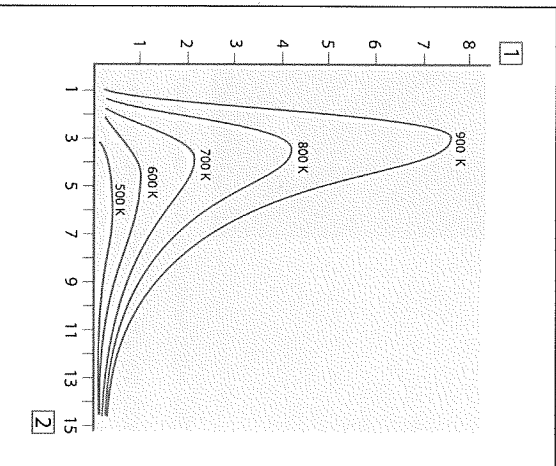


Figura 18.4 Emitiencia radiante espectral de un cuerpo negro de acuerdo con la ley de Planck en forma de gráfico para varias temperaturas absolutas. 1: emitiencia radiante espectral ($\text{W}/\text{cm}^2 \times 10^3 (\mu\text{m})$); 2: longitud de onda (μm)

18.3.2

Ley de desplazamiento de Wien

Al diferenciar la fórmula de Planck con respecto a λ , y hallando el máximo, se obtiene lo siguiente:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{2898}{T} [\mu\text{m}]$$

Esta es la fórmula de Wien (en honor a *Wilhelm Wien*, 1864–1928), que expresa matemáticamente la observación normal de que los colores varían del rojo al naranja o amarillo a medida que aumenta la temperatura de un radiante térmico. La longitud de onda del color es la misma que la longitud de onda calculada para λ_{max} . Una buena aproximación al valor de λ_{max} para una temperatura dada de un cuerpo negro se obtiene aplicando la regla general $3.000/T \mu\text{m}$. De este modo, una estrella muy caliente como es Sirio (11.000 K), que emite una luz blanca azulada, emite radiación con el pico de su emitiencia radiante espectral dentro del espectro ultravioleta invisible, a una longitud de onda de $0,27 \mu\text{m}$.

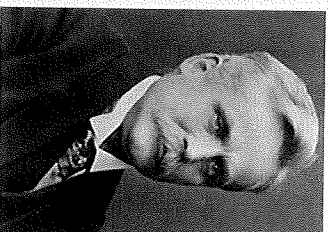


Figura 18.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

El sol (aproximadamente 6.000 K) emite una luz amarilla, y su pico se sitúa en aproximadamente $0,5 \mu\text{m}$, en el centro del espectro de la luz visible.

A temperatura ambiente (300 K), el pico de emitiencia radiante se sitúa en $9,7 \mu\text{m}$, en el infrarrojo lejano, mientras que a la temperatura del nitrógeno líquido (77 K), el máximo de una cantidad casi insignificante de emitiencia de radiación se produce a $38 \mu\text{m}$, en las longitudes de onda del infrarrojo extremo.

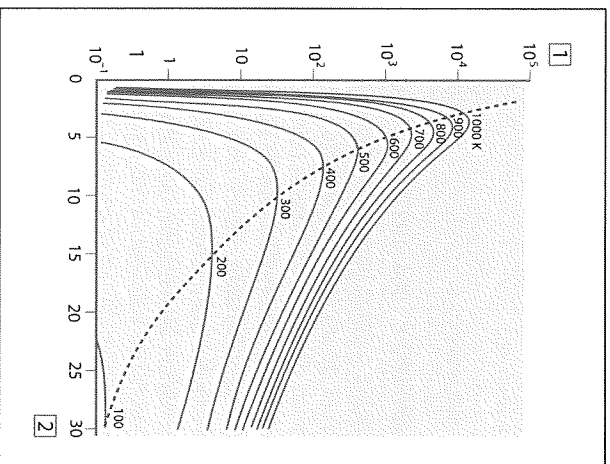


Figura 18.6 Curvas de Planck trazadas sobre escalas marcadas desde 100 K a 1.000 K. La línea de puntos representa el lugar de máxima emitancia radiante para cada temperatura, según lo descrito por la ley de desplazamiento de Wien. 1: emitancia radiante espectral ($W/cm^2 (\mu m)$); 2: longitud de onda (μm).

18.3.3 Ley de Stefan-Boltzmann

Al integrar la fórmula de Planck desde $\lambda = 0$ a $\lambda = \infty$, obtenemos la emitancia radiante total (W_b) de un cuerpo negro:

$$W_b = \sigma T^4 \quad [Watt/m^2]$$

Se trata de la fórmula de Stefan-Boltzmann (en honor a *Josef Stefan*, 1835–1893, y *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906), que establece que la radiancia intrínseca de un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. Gráficamente, W_b representa el área por debajo de la curva de Planck para una temperatura dada. Puede verse que la emitancia radiante en el intervalo de $\lambda = 0$ a λ_{max} es únicamente el 25 % del total, lo que representa aproximadamente la cantidad de radiación del sol que permanece dentro del espectro de luz visible.

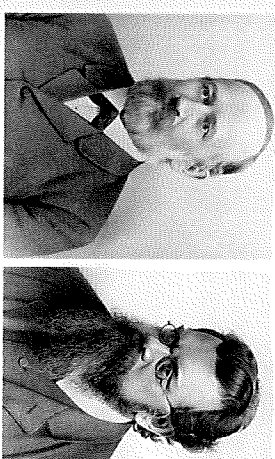


Figura 18.7 Josef Stefan (1835–1893) y Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Utilizando la fórmula de Stefan-Boltzmann para calcular la potencia radiada por el cuerpo humano, a una temperatura de 300 K y con un área de superficie externa de aproximadamente 2 m^2 , obtenemos 1 kW. Esta pérdida de energía no podría sostenerse si no fuera por la absorción compensatoria de radiación de las superficies circundantes, a temperaturas ambiente que no varían de forma muy drástica de la temperatura del cuerpo humano o, por supuesto, por la adición de ropa.

18.3.4 Emisores que no constituyen cuerpos negros

Hasta el momento, sólo se ha hablado de los radiadores de cuerpo negro y de su radiación. Sin embargo, los objetos reales casi nunca cumplen estas leyes en una zona de longitud de onda amplia, si bien pueden aproximarse al comportamiento de un cuerpo negro en ciertos intervalos espectrales. Por ejemplo, la pintura blanca parece perfectamente *blanca* en el espectro visible de la luz, pero pasa a ser visiblemente *gris* a aproximadamente $2 \mu m$ y, superados los $3 \mu m$, es casi *negra*.

Existen tres procesos que pueden producirse y que evitan que un objeto real se comporte como un cuerpo negro: una fracción de la radiación incidente α puede absorberse, otra fracción ρ puede reflejarse y una última fracción τ puede transmitirse. Debido a que todos estos factores dependen de la longitud de onda en mayor o menor medida, se utiliza el subíndice λ para denotar la dependencia espectral de sus definiciones. Por tanto:

- La absorbancia espectral α_λ = la proporción de energía radiante espectral absorbida por un objeto con respecto a la que incide sobre él.
- El factor espectral de reflexión ρ_λ = la proporción de la energía radiante espectral reflejada por un objeto con respecto a la que incide sobre él.
- La transmitancia espectral τ_λ = la proporción de la energía radiante espectral transmitida a través de un objeto con respecto a la que incide sobre él.

La suma de estos tres factores debe siempre coincidir con el total, en cualquier longitud de onda, de forma que tenemos la relación:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Para materiales opacos $\tau_\lambda = 0$, y la relación se simplifica a:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Existe otro factor, llamado emisividad, que es necesario para describir la fracción ϵ de la emittancia radiante de un cuerpo negro producida por un objeto a una temperatura específica. Así, tenemos la definición:

La emisividad espectral ϵ_λ = la proporción de la energía radiante espectral de un objeto con respecto a la de un cuerpo negro a la misma temperatura y longitud de onda.

Expresado matemáticamente, este concepto de la proporción de la emittancia espectral del objeto con respecto a la de un cuerpo negro puede expresarse como:

$$\epsilon_\lambda = \frac{W'_\lambda}{W_\lambda}$$

En general, existen tres tipos de fuentes de radiación que se distinguen por la forma en que sus respectivas emittancias espectrales varían con la longitud de onda.

- Un cuerpo negro, en el que $\epsilon_\lambda = \epsilon = 1$.
- Un cuerpo gris, en el que $\epsilon_\lambda = \epsilon = \text{siempre menor que } 1$.
- Un radiador selectivo, en el que ϵ varía con la longitud de onda.

De acuerdo con la ley de Kirchhoff, para cualquier material la emisividad espectral y la absorbanza espectral de un cuerpo son iguales a cualquier temperatura y longitud de onda especificadas. Esto es:

$$\epsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

De aquí se obtiene que, para un material opaco (ya que $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

$$\epsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Para materiales muy pulidos ϵ_λ se aproxima a cero, de forma que para un material totalmente reflectante (es decir, un espejo perfecto) tenemos:

$$\rho_\lambda = 1$$

Para un radiante de cuerpo gris, la fórmula de Stefan-Boltzmann se convierte en:

$$W = \epsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]}$$

Esto establece que la emisividad total de un cuerpo gris es la misma que la de un cuerpo negro a la misma temperatura reducida en proporción al valor de ϵ del cuerpo gris.

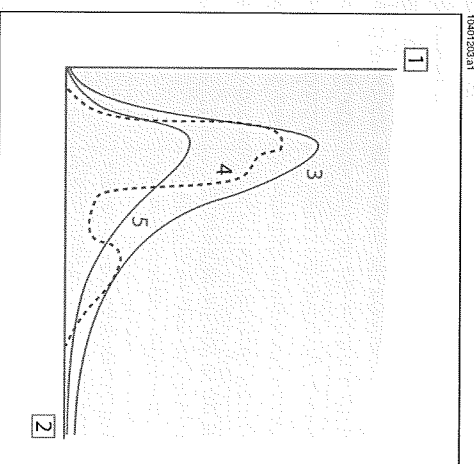


Figura 18.8 Emittancia radiante espectral de tres tipos de radiadores. 1: emittancia radiante espectral; 2: longitud de onda; 3: cuerpo negro; 4: radiador selectivo; 5: cuerpo gris.

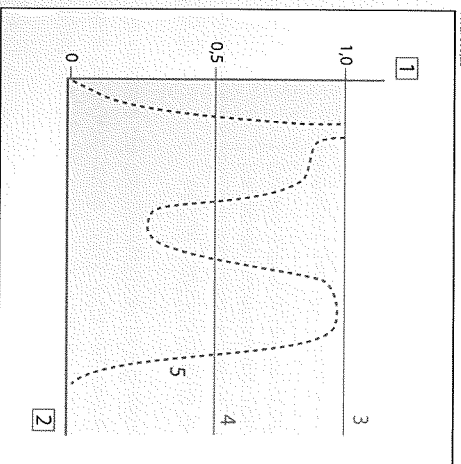


Figura 18.9 Emittancia espectral de tres tipos de radiadores. 1: emittancia espectral; 2: longitud de onda; 3: cuerpo negro; 4: cuerpo gris; 5: radiador selectivo.

18.4 Materiales semitransparentes al infrarrojo

Consideremos un cuerpo no metálico semitransparente, como una plancha plana y gruesa de material plástico. Cuando la plancha se calienta, la radiación generada dentro de su volumen debe buscar salida hacia las superficies a través del material en el cual queda absorbida parcialmente. Es más, al llegar a la superficie, parte es reflejada al interior de nuevo. La radiación retrorreflejada de nuevo se absorbe parcialmente, pero parte alcanza la otra superficie a través de la cual escapa la mayor parte, si bien parte de ella se retrorrefleja de nuevo. Aunque las reflexiones progresivas son cada vez más débiles, al calcular la emitancia total de la plancha deben sumarse todas. Cuando se suman las series geométricas resultantes, la emisividad efectiva de una plancha semitransparente se obtiene de la forma siguiente:

ελ = (1 - ρλ)(1 - τλ) / (1 - ρλτλ)

Cuando la plancha es opaca, esta fórmula se reduce a la fórmula simple:

ελ = 1 - ρλ

Esta última relación es particularmente útil, ya que a menudo es más fácil medir la reflectancia que medir la emisividad directamente.

19 Tablas de emisividad

Esta sección incluye una serie de datos de emisividad basados en la bibliografía sobre infrarrojos y en las medidas realizadas por FLIR Systems.

19.1 Bibliografía

1	Milkaél A. Bramson: <i>Infrared Radiation, A Handbook for Applications</i> , Plenum press, N.Y.
2	William L. Wolfe, George J. Zissis: <i>The Infrared Handbook</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3	Madding, R. P.: <i>Thermographic Instruments and systems</i> , Madison, Wisconsin: University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4	William L. Wolfe: <i>Handbook of Military Infrared Technology</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert: <i>External thermography of buildings...</i> , Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6	Paljak, Petterson: <i>Thermography of Buildings</i> , Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7	Vlcek, J: <i>Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at λ = 5 μm</i> , Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern: <i>Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites</i> , Defence Documentation Center, AD 617 417.
9	Öhman, Claes: <i>Emitansmätningar med AGEMA E-Box</i> , Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emitance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)

19.2 Nota importante sobre las tablas de emisividad

Los valores de emisividad de la siguiente tabla se han registrado mediante una cámara de onda corta (SW). Los valores sólo deben considerarse recomendaciones y deben emplearse con precaución.

19.3 Tablas

Figura 19.1 T: espectro total, OC: 2-5 μm; OL: 8-14 μm, OML: 6.5-20 μm; 1: material; 3: especificación; 3: temperatura en °C; 4: espectro; 5: emisividad; 6: referencia

1	2	3	4	5	6
Acetate de lubricación	película de 0,025 mm	20	T	0,27	2

1	2	3	4	5	6
Acetite de lubricación	película de 0,050 mm	20	T	0,46	2
Acetite de lubricación	película de 0,125 mm	20	T	0,72	2
Acetite de lubricación	película sobre base de Ni: sólo base de Ni	20	T	0,05	2
Acetite de lubricación	recubrimiento grueso	20	T	0,82	2
Acero inoxidable	aleación: 8 % Ni, 18 % Cr	500	T	0,35	1
Acero inoxidable	enrollado	700	T	0,45	1
Acero inoxidable	hoja en bruto ligeramente arañada	70	OC	0,30	9
Acero inoxidable	hoja en bruto ligeramente arañada	70	OL	0,28	9
Acero inoxidable	hoja pulida	70	OC	0,18	9
Acero inoxidable	hoja pulida	70	OL	0,14	9
Acero inoxidable	limpiado con arena	700	T	0,70	1
Acero inoxidable	tipo 18-8, pulido	20	T	0,16	2
Acero inoxidable	tipo 18-8, oxidado a 800 °C	60	T	0,85	2
Aglomerado	sin tratar	20	OC	0,90	6
Agua	cristales de hielo	-10	T	0,98	2
Agua	destilada	20	T	0,96	2
Agua	hielo, muy cubierto de escarcha	0	T	0,98	1
Agua	hielo, suave	-10	T	0,96	2
Agua	hielo, suave	0	T	0,97	1
Agua	nieve		T	0,8	1
Agua	nieve	-10	T	0,85	2
Agua	película de >0,1 mm de espesor	0-100	T	0,95-0,98	1

1	2	3	4	5	6
Alquitrán			T	0,79-0,84	1
Alquitrán	papel	20	T	0,91-0,93	1
Aluminio	anodizado, gris claro, mate	70	OC	0,61	9
Aluminio	anodizado, gris claro, mate	70	OL	0,97	9
Aluminio	anodizado, negro, sin brillo	70	OC	0,67	9
Aluminio	anodizado, negro, sin brillo	70	OL	0,95	9
Aluminio	bastante oxidado	50-500	T	0,2-0,3	1
Aluminio	con deposición al vacío	20	T	0,04	2
Aluminio	desbastado	27	3 µm	0,28	3
Aluminio	desbastado	27	10 µm	0,18	3
Aluminio	fundido y muy limpio	70	OC	0,47	9
Aluminio	fundido y muy limpio	70	OL	0,46	9
Aluminio	hoja (4 muestras con diferentes patrones de estríado)	70	OC	0,05-0,08	9
Aluminio	hoja (4 muestras con diferentes patrones de estríado)	70	OL	0,03-0,06	9
Aluminio	hoja anodizada	100	T	0,55	2
Aluminio	hoja pulida	100	T	0,05	2
Aluminio	hoja sin modificar	100	T	0,09	2
Aluminio	lámina	27	3 µm	0,09	3
Aluminio	lámina	27	10 µm	0,04	3
Aluminio	muy meteorizado	17	OC	0,83-0,94	5
Aluminio	plancha pulida	100	T	0,05	4

1	2	3	4	5	6
Aluminio	plancha sin modifi- car	100	T	0,09	4
Aluminio	plancha sumergi- da en HNO ₃	100	T	0,05	4
Aluminio	pulido	50-100	T	0,04-0,06	1
Aluminio	superficie rugosa	20-50	T	0,06-0,07	1
Amianto	baldosa	35	OC	0,94	7
Amianto	papel	40-400	T	0,93-0,95	1
Amianto	pizarra	20	T	0,96	1
Amianto	placa	20	T	0,96	1
Amianto	polvo		T	0,40-0,60	1
Amianto	tela		T	0,78	1
Arcilla	cocida	70	T	0,91	1
Arena			T	0,60	1
Arena		20	T	0,90	2
Arenisca	pulida	19	OML	0,909	8
Arenisca	rugosa	19	OML	0,935	8
Barniz	liso	20	OC	0,93	6
Barniz	sobre suelo de parquet de roble	70	OC	0,90	9
Barniz	sobre suelo de parquet de roble	70	OL	0,90-0,93	9
Barro			T	0,3-0,4	1
Bronce	bronce fosforoso	70	OC	0,08	9
Bronce	bronce fosforoso	70	OL	0,06	9
Bronce	polvo		T	0,76-0,80	1
Bronce	poroso, rugoso	50-150	T	0,55	1
Bronce	pulido	50	T	0,1	1
Bronce al aluminio		20	T	0,60	1
Carbón	grafito, superficie limada	20	T	0,98	2

1	2	3	4	5	6
Carbón	hollín	20	T	0,95	2
Carbón	negro de humo	20-400	T	0,95-0,97	1
Carbón	polvo de carbón vegetal		T	0,96	1
Carbón	polvo de grafito		T	0,97	1
Cemento		20	T	0,92	2
Cemento	paso de tránsito	5	OML	0,974	8
Cemento	rugoso	17	OC	0,97	5
Cemento	seco	36	OC	0,95	7
Cinc	hoja	50	T	0,20	1
Cinc	oxidado a 400 °C	400	T	0,11	1
Cinc	pulido	200-300	T	0,04-0,05	1
Cinc	superficie oxidada	1.000-1.200	T	0,50-0,60	1
Cobre	comercial, bruñido	20	T	0,07	1
Cobre	decapado	27	T	0,07	4
Cobre	electrolítico, cuida- dosamente pulido	80	T	0,018	1
Cobre	electrolítico, puli- do	-34	T	0,006	4
Cobre	fundido	1.100-1.300	T	0,13-0,15	1
Cobre	muy oxidado	20	T	0,78	2
Cobre	oxidado	50	T	0,6-0,7	1
Cobre	oxidado, negro	27	T	0,78	4
Cobre	oxidado hasta el negro		T	0,88	1
Cobre	pulido	50-100	T	0,02	1
Cobre	pulido	100	T	0,03	2
Cobre	pulido, comercial	27	T	0,03	4
Cobre	pulido mecánica- mente	22	T	0,015	4

1	2	3	4	5	6
Cobre	puro, superficie cuidadosamente preparada	22	T	0,008	4
Cromo	pulido	50	T	0,10	1
Cromo	pulido	500-1.000	T	0,28-0,38	1
Cuero	curtido		T	0,75-0,80	1
Dióxido de cobre	polvo		T	0,84	1
Ebonita			T	0,89	1
Escayola		17	OC	0,86	5
Escayola	placa para labicar, sin tratar	20	OC	0,90	6
Escayola	recubrimiento grueso	20	T	0,91	2
Escorias	caldera	0-100	T	0,97-0,93	1
Escorias	caldera	1.400-1.800	T	0,69-0,67	1
Escorias	caldera	200-500	T	0,89-0,78	1
Escorias	caldera	600-1.200	T	0,76-0,70	1
Esmalte		20	T	0,9	1
Esmalte	laca	20	T	0,85-0,95	1
Esmetil	en bruto	80	T	0,85	1
Espuma de estireno	aislamiento	37	OC	0,60	7
Estiño	bruñido	20-50	T	0,04-0,06	1
Estiño	hoja de hierro estañado	100	T	0,07	2
Estiuco	rugoso, barro	10-90	T	0,91	1
Goma	dura	20	T	0,95	1
Goma	sueve, gris, rugosa	20	T	0,95	1
Granito	pulido	20	OML	0,849	8
Granito	rugoso	21	OML	0,879	8

1	2	3	4	5	6
Granito	rugoso, 4 mues-tras distintas	70	OC	0,95-0,97	9
Granito	rugoso, 4 mues-tras distintas	70	OL	0,77-0,87	9
Hidróxido de alu-minio	polvo		T	0,28	1
Hielo: véase Agua					
Hierro fundido	en bruto	900-1.100	T	0,87-0,95	1
Hierro fundido	fundido	50	T	0,81	1
Hierro fundido	lingotes	1.000	T	0,95	1
Hierro fundido	líquido	1.300	T	0,28	1
Hierro fundido	mecanizado	800-1.000	T	0,60-0,70	1
Hierro fundido	oxidado	38	T	0,63	4
Hierro fundido	oxidado	100	T	0,64	2
Hierro fundido	oxidado	260	T	0,66	4
Hierro fundido	oxidado	538	T	0,76	4
Hierro fundido	oxidado a 600 °C	200-600	T	0,64-0,78	1
Hierro fundido	pulido	38	T	0,21	4
Hierro fundido	pulido	40	T	0,21	2
Hierro fundido	pulido	200	T	0,21	1
Hierro galvanizado	hoja	92	T	0,07	4
Hierro galvanizado	hoja bruñida	30	T	0,23	1
Hierro galvanizado	hoja oxidada	20	T	0,28	1
Hierro galvanizado	muy oxidado	70	OC	0,64	9
Hierro galvanizado	muy oxidado	70	OL	0,85	9
Hierro y acero	brillante, atacado al ácido	150	T	0,16	1

1	2	3	4	5	6
Hierro y acero	con herrumbre roja	20	T	0,69	1
Hierro y acero	con mucha herrumbre	17	OC	0,96	5
Hierro y acero	cubierto con herrumbre roja	20	T	0,61-0,85	1
Hierro y acero	electrolítico	22	T	0,05	4
Hierro y acero	electrolítico	100	T	0,05	4
Hierro y acero	electrolítico	260	T	0,07	4
Hierro y acero	electrolítico, cuidadosamente pulido	175-225	T	0,05-0,06	1
Hierro y acero	enrollado en caliente	20	T	0,77	1
Hierro y acero	enrollado en caliente	130	T	0,60	1
Hierro y acero	enrollado en frío	70	OC	0,20	9
Hierro y acero	enrollado en frío	70	OL	0,09	9
Hierro y acero	enrollado reciente-mente	20	T	0,24	1
Hierro y acero	forjado, bien pulido	40-250	T	0,28	1
Hierro y acero	fuertemente oxidado	50	T	0,88	1
Hierro y acero	fuertemente oxidado	500	T	0,98	1
Hierro y acero	hoja con capa de óxido brillante	20	T	0,82	1
Hierro y acero	hoja con herrumbre roja	20	T	0,69	2
Hierro y acero	hoja con herrumbre roja	22	T	0,69	4
Hierro y acero	hoja enrollada	50	T	0,56	1
Hierro y acero	hoja para conexión a masa	950-1.100	T	0,55-0,61	1

1	2	3	4	5	6
Hierro y acero	hoja pulida	750-1.050	T	0,52-0,56	1
Hierro y acero	oxidado	1.227	T	0,89	4
Hierro y acero	oxidado	100	T	0,74	1
Hierro y acero	oxidado	100	T	0,74	4
Hierro y acero	oxidado	125-525	T	0,78-0,82	1
Hierro y acero	oxidado	200	T	0,79	2
Hierro y acero	oxidado	200-600	T	0,80	1
Hierro y acero	pulido	100	T	0,07	2
Hierro y acero	pulido	400-1.000	T	0,14-0,38	1
Hierro y acero	rugoso, superficie plana	50	T	0,95-0,98	1
Hierro y acero	tratado recientemente con esmeril	20	T	0,24	1
Hojalata	hoja	24	T	0,064	4
Laca	3 colores pulverizados sobre aluminio	70	OC	0,50-0,53	9
Laca	3 colores pulverizados sobre aluminio	70	OL	0,92-0,94	9
Laca	aluminio sobre superficie rugosa	20	T	0,4	1
Laca	baquelita	80	T	0,83	1
Laca	blanco	40-100	T	0,8-0,95	1
Laca	blanco	100	T	0,92	2
Laca	negra, brillante, pulverizada sobre hierro	20	T	0,87	1
Laca	negra, mate	100	T	0,97	2
Laca	negro, sin brillo	40-100	T	0,96-0,98	1
Laca	termorresistente	100	T	0,92	1
Ladrillo	alúmina	17	OC	0,68	5

1	2	3	4	5	6
Ladrillo	arcilla refractaria	1.000	T	0,75	1
Ladrillo	arcilla refractaria	1.200	T	0,59	1
Ladrillo	arcilla refractaria	20	T	0,85	1
Ladrillo	común	17	OC	0,86-0,81	5
Ladrillo	Gres muy silicio- so, con brillo, rugo- so	1.100	T	0,85	1
Ladrillo	Gres muy silicio- so, refractario	1.000	T	0,66	1
Ladrillo	Gres muy silicio- so, sin brillo, rugo- so	1.000	T	0,80	1
Ladrillo	hidrófugo	17	OC	0,87	5
Ladrillo	ladrillo refractario	17	OC	0,68	5
Ladrillo	mampostería	35	OC	0,94	7
Ladrillo	mampostería em- plastada	20	T	0,94	1
Ladrillo	refractario, con- dón	1.000	T	0,46	1
Ladrillo	refractario, fuente- mente radiante	500-1.000	T	0,8-0,9	1
Ladrillo	refractario, magne- sita	1.000-1.300	T	0,38	1
Ladrillo	refractario, poco radiante	500-1.000	T	0,65-0,75	1
Ladrillo	rojo, común	20	T	0,93	2
Ladrillo	rojo, rugoso	20	T	0,88-0,93	1
Ladrillo	silíce: 95 % SiO ₂	1.230	T	0,66	1
Ladrillo	silimanita: 33 % SiO ₂ , 64 % Al ₂ O ₃	1.500	T	0,29	1
Latón	bastante pulido	100	T	0,03	2
Latón	frotado con esme- ril de grano 80	20	T	0,20	2

1	2	3	4	5	6
Latón	hoja enrollada	20	T	0,06	1
Latón	hoja tratada con esmeril	20	T	0,2	1
Latón	oxidado	70	OC	0,04-0,09	9
Latón	oxidado	70	OL	0,03-0,07	9
Latón	oxidado	100	T	0,61	2
Latón	oxidado a 600 °C	200-600	T	0,58-0,61	1
Latón	pulido	200	T	0,03	1
Latón	sin brillo, decolora- do	20-350	T	0,22	1
Madera		17	OC	0,98	5
Madera		19	OML	0,962	8
Madera	blanca, húmeda	20	T	0,7-0,8	1
Madera	contrachapado, sin tratar	20	OC	0,83	6
Madera	contrachapado, suave, seco	36	OC	0,82	7
Madera	pino, 4 muestras distintas	70	OC	0,67-0,75	9
Madera	pino, 4 muestras distintas	70	OL	0,81-0,89	9
Madera	planchas	20	T	0,8-0,9	1
Madera	roble en planchas	20	T	0,90	2
Madera	roble en planchas	70	OC	0,77	9
Madera	roble en planchas	70	OL	0,88	9
Madera	suelo		T	0,5-0,7	1
Magnesio		22	T	0,07	4
Magnesio		260	T	0,13	4
Magnesio		538	T	0,18	4
Magnesio	pulido	20	T	0,07	2
Molibdeno		1.500-2.200	T	0,19-0,26	1

1	2	3	4	5	6
Molibdeno		600-1.000	T	0,08-0,13	1
Molibdeno	filamento	700-2.500	T	0,1-0,3	1
Mortero		17	OC	0,87	5
Mortero	seco	36	OC	0,94	7
Nicromio	alambre limpio	50	T	0,65	1
Nicromio	alambre limpio	500-1.000	T	0,71-0,79	1
Nicromio	alambre oxidado	50-500	T	0,95-0,98	1
Nicromio	enrollado	700	T	0,25	1
Nicromio	limpiado con arena	700	T	0,70	1
Nieve: véase Agua					
Niquel	alambre	200-1.000	T	0,1-0,2	1
Niquel	comercialmente puro, pulido	100	T	0,045	1
Niquel	comercialmente puro, pulido	200-400	T	0,07-0,09	1
Niquel	electrochapado, pulido	20	T	0,05	2
Niquel	electrochapado en hierro, pulido	22	T	0,045	4
Niquel	electrochapado en hierro, sin pulir	20	T	0,11-0,40	1
Niquel	electrochapado en hierro, sin pulir	22	T	0,11	4
Niquel	electrolítico	22	T	0,04	4
Niquel	electrolítico	38	T	0,06	4
Niquel	electrolítico	260	T	0,07	4
Niquel	electrolítico	538	T	0,10	4
Niquel	mate decapado	122	T	0,041	4
Niquel	oxidado	1.227	T	0,85	4
Niquel	oxidado	200	T	0,37	2

1	2	3	4	5	6
Niquel	oxidado	227	T	0,37	4
Niquel	oxidado a 600 °C	200-600	T	0,37-0,48	1
Niquel	pulido	122	T	0,045	4
Oro	bastante pulido	100	T	0,02	2
Oro	pulido	130	T	0,018	1
Oro	pulido, con cuidado	200-600	T	0,02-0,03	1
Óxido de aluminio	polvo activado		T	0,46	1
Óxido de aluminio	polvo puro (alumina)		T	0,16	1
Óxido de cobre	rojo, polvo		T	0,70	1
Óxido de níquel		1.000-1.250	T	0,75-0,86	1
Óxido de níquel		500-650	T	0,52-0,59	1
Papel	4 colores diferentes	70	OC	0,68-0,74	9
Papel	4 colores diferentes	70	OL	0,92-0,94	9
Papel	aglomerante blanco	20	T	0,93	2
Papel	amarillo		T	0,72	1
Papel	azul oscuro		T	0,84	1
Papel	blanco	20	T	0,7-0,9	1
Papel	blanco, 3 brillos diferentes	70	OC	0,76-0,78	9
Papel	blanco, 3 brillos diferentes	70	OL	0,88-0,90	9
Papel	negro		T	0,90	1
Papel	negro, sin brillo		T	0,94	1
Papel	negro, sin brillo	70	OC	0,86	9
Papel	negro, sin brillo	70	OL	0,89	9
Papel	recubierta de laca negra		T	0,93	1

1	2	3	4	5	6
Papel	rojo		T	0,76	1
Papel	verde		T	0,85	1
Papel pintado	dibujo suave, gris claro	20	OC	0,85	6
Papel pintado	dibujo suave, rojo	20	OC	0,90	6
Pavimento de asfalto		4	OML	0,967	8
Piel	humana	32	T	0,98	2
Pintura	8 colores y calidades diferentes	70	OC	0,88-0,96	9
Pintura	8 colores y calidades diferentes	70	OL	0,92-0,94	9
Pintura	al óleo, promedio de 16 colores	100	T	0,94	2
Pintura	aluminio, distintas antigüedades	50-100	T	0,27-0,67	1
Pintura	amarillo cadmio		T	0,28-0,33	1
Pintura	azul cobalto		T	0,7-0,8	1
Pintura	óleo	17	OC	0,87	5
Pintura	óleo, gris	20	OC	0,97	6
Pintura	óleo, gris brillante	20	OC	0,96	6
Pintura	óleo, negro	20	OC	0,94	6
Pintura	óleo, negro brillante	20	OC	0,92	6
Pintura	óleo, varios colores	100	T	0,92-0,96	1
Pintura	plástica, blanca	20	OC	0,84	6
Pintura	plástica, negra	20	OC	0,95	6
Pintura	verde cromo		T	0,65-0,70	1
Placa de fibra	conglomerado	70	OC	0,75	9
Placa de fibra	conglomerado	70	OL	0,88	9
Placa de fibra	dura, sin tratar	20	OC	0,85	6

1	2	3	4	5	6
Placa de fibra	porosa, sin tratar	20	OC	0,85	6
Placa de fibra	tablero prensado	70	OC	0,77	9
Placa de fibra	tablero prensado	70	OL	0,89	9
Plástico	lámina de fibra de vidrio (placa de circuitos impresos)	70	OC	0,94	9
Plástico	lámina de fibra de vidrio (placa de circuitos impresos)	70	OL	0,91	9
Plástico	placa de aislamiento de poliuretano	70	OC	0,29	9
Plástico	placa de aislamiento de poliuretano	70	OL	0,55	9
Plástico	PVC, suelo de plástico, sin brillo, estructurado	70	OC	0,94	9
Plástico	PVC, suelo de plástico, sin brillo, estructurado	70	OL	0,93	9
Plata	pulido	100	T	0,03	2
Plata	puro, pulido	200-600	T	0,02-0,03	1
Platino		1.000-1.500	T	0,14-0,18	1
Platino		1.094	T	0,18	4
Platino		17	T	0,016	4
Platino		22	T	0,03	4
Platino		100	T	0,05	4
Platino		260	T	0,06	4
Platino		538	T	0,10	4
Platino	alambre	1.400	T	0,18	1
Platino	alambre	50-200	T	0,06-0,07	1
Platino	alambre	500-1.000	T	0,10-0,16	1
Platino	cinta	900-1.100	T	0,12-0,17	1

1	2	3	4	5	6
Platino	puro, pulido	200-600	T	0,05-0,10	1
Plomo	brillante	250	T	0,08	1
Plomo	oxidado, gris	20	T	0,28	1
Plomo	oxidado, gris	22	T	0,28	4
Plomo	oxidado a 200 °C	200	T	0,63	1
Plomo	sin oxidar, pulido	100	T	0,05	4
Plomo rojo		100	T	0,93	4
Polvo de magnesio			T	0,86	1
Polvo de plomo rojo		100	T	0,93	1
Porcelana	blanca, brillante		T	0,70-0,75	1
Porcelana	vitrado	20	T	0,92	1
Teja	vitrada	17	OC	0,94	5
Teja	negro	20	T	0,98	1
Tierra	saturada con agua	20	T	0,95	2
Tierra	seca	20	T	0,92	2
Titanio	oxidado a 540 °C	1.000	T	0,60	1
Titanio	oxidado a 540 °C	200	T	0,40	1
Titanio	oxidado a 540 °C	500	T	0,50	1
Titanio	pulido	1.000	T	0,36	1
Titanio	pulido	200	T	0,15	1
Titanio	pulido	500	T	0,20	1
Tungsteno		1.500-2.200	T	0,24-0,31	1
Tungsteno		200	T	0,05	1
Tungsteno		600-1.000	T	0,1-0,16	1
Tungsteno	filamento	3.300	T	0,39	1
Yeso		20	T	0,8-0,9	1

Índice

- 1
- 1 120 987: 11
- 1 195 49: 11
- 1 195 102: 11
- 1 195 106: 11
- 1 195 128: 11
- 1 195 221: 11
- 1 909 528: 11
- 1 909 775: 11
- ambientales
- especificaciones
- choque: 86
- encapsulado: 86
- humedad: 86
- rango de temperaturas de
- almacenamiento: 86
- rango de temperaturas de
- funcionamiento: 86
- vibración: 86
- ambientales, especificaciones
- compatibilidad electromagnética: 87
- anilla de bloqueo: 51, 52
- anilla de enfoque: 51, 52
- Año
- etiqueta: 72
- apagar
- cámara: 43
- aparente reflejada, temperatura: 41
- archivo
- abrir: 45
- guardar: 44
- archivos
- eliminación: 45
- área
- insertar: 46
- asistencia técnica: 10
- Auto desconexión
- etiqueta: 72

- A
- abrir
- archivo: 45
- imagen: 45
- accesorios
- limpiar: 81
- acerca de FLIR Systems: 6
- activar
- cámara: 43
- adquirir
- imagen: 44
- advertencia, mensajes: 64
- advertencias
- batería: 79
- energía de radiofrecuencia: 1
- fuentes de energía intensas: 1
- interferencia: 1
- láser LocalIR: 61
- aislamiento, cable: 19
- ajustar
- alarma de color: 47
- campo: 48
- configuración del sistema
- formato de fecha: 49
- formato de hora: 50
- idioma: 49
- unidad de temperatura: 49
- enfoque: 52
- nivel: 48
- Ajuste automático
- comando: 68
- Ajuste manual
- comando: 68
- alarma de color
- cambiar: 47, 67
- alimentación eléctrica, sistema: 75

- B
- bandas
- infrarroja cercana: 132
- infrarroja extrema: 132
- infrarroja lejana: 132
- infrarroja media: 132
- batería: 75
- extraer: 53
- insertar: 53
- lista de contenido: 11
- tapa: 55, 57
- tiempo de funcionamiento: 86
- tipo: 86
- batería, cargar
- externamente: 78
- internamente: 77
- batería, sistema: 75
- botón de disparo
- función: 60

Botón de disparo (etiqueta): 71
 botones
 funciones
 MENU/YES: 59
 PWR/NO: 59
 SAVE/FRZ: 59
 SEL: 59
 ubicación
 mando de navegación: 58
 MENU/YES: 58
 PWR/NO: 58
 SAVE/FRZ: 58
 SEL: 58

C

cable, aislamiento: 19
 cable para vídeo
 lista de contenido: 11
 cables
 limpiar: 81
 cable USB
 lista de contenido: 11
 calentamiento
 inductivo: 32
 solar: 31
 calentamiento, tiempo: 46
 calibración: 1
 intervalo de tiempo: 1
 cámara
 apagar: 43
 encender: 43
 cambiar
 alarma de color: 47, 67
 campo: 48, 68
 configuración del sistema
 fecha y hora: 50
 formato de fecha: 49
 formato de hora: 50
 idioma: 49
 unidad de temperatura: 49
 emisividad: 68
 enfoque: 52
 fecha y hora: 50
 formato de fecha: 49
 formato de hora: 50
 idioma: 49
 nivel: 48, 68
 paleta: 69
 rango: 69
 temperatura ambiente reflejada: 69
 T reflejada: 69
 unidad de temperatura: 49

campo
 cambiar: 48, 68
 campo de visión: 85
 Campo Info
 etiqueta: 71
 cancelar
 selecciones: 67
 carga, variaciones: 33
 cargador de batería
 interno: 75
 lista de contenido: 11
 cargar la batería
 externamente: 78
 internamente: 77
 cavidad, radiador
 aplicaciones: 133
 explicación: 133
 CD de TrainIR
 lista de contenido: 11
 cercana, banda infrarroja: 132
 choque: 86
 clasificación: 20, 21, 28
 comandos
 Ajuste automático: 68
 Ajuste manual: 68
 Configuración: 71
 Configurar: 71
 Elim. todas las imágenes: 70
 Eliminar imagen: 70
 Emisividad: 68
 Fecha/hora: 72
 Imágenes: 70
 Infor. cámara: 73
 Localización: 73
 Modo medic.: 67
 Mostrar gráficos: 69
 Ocultar gráficos: 69
 Paleta: 69
 Rango: 69
 Valores de fábrica: 74
 compatibilidad electromagnética: 87
 comportamiento, temperatura: 18
 condiciones
 refrigeración: 33
 Configuración
 comando: 71
 cuadro de diálogo: 71
 configuración de los pines
 RS-232: 87
 USB: 87
 Configurar
 comando: 71
 menú: 71

confirmar
 selecciones: 67
 congelar
 imagen: 44
 conmutadores: 19
 control: 21
 control de calidad: viii
 copyright: viii
 correa de mano
 lista de contenido: 11
 correcta, evaluación: 18
 correo: viii
 cuadros de diálogo
 Configuración: 71
 Emisividad: 68
 Fecha/hora: 72
 Infor. cámara: 73
 Localización: 73
 Modo Medic: 67
 Rango: 69
 cuadros de diálogos
 Paleta: 69
 cuerpo de la cámara
 limpiar: 81
 cuerpo gris: 138
 cuerpo negro
 aplicación práctica: 132
 construcción: 132
 explicación: 132
 cuerpo semitransparente: 140

D

datos de equipo, general: 18
 datos generales del equipo: 18
 defectos, clasificación: 20
 defectos probables: 18
 defectuosas, piezas: 18
 desactivar
 cámara: 43
 descripción general de la cámara: 56
 desmontaje: 11
 Dewar, James: 128
 Día
 etiqueta: 72
 dirección de correo: viii
 distancia: 37
 distancia mínima de enfoque: 85

E

Elim. todas las imágenes
 comando: 70
 eliminación
 archivos: 45

eliminación (continuación)
 imagen: 45
 Eliminar imagen
 comando: 70
 emisividad: 40
 cambiar: 68
 datos: 141
 explicación: 119
 tablas: 141
 Emisividad
 comando: 68
 cuadro de diálogo: 68
 emisores diferentes a cuerpos negros: 137
 encapsulado: 86
 encender
 cámara: 43
 enfoque: 52
 ajustar: 52
 error, mensajes: 64
 errores, clasificación: 28
 Escala
 etiqueta: 71
 especificaciones
 ambientales
 compatibilidad electromagnética: 87
 técnicas: 85
 especificaciones ambientales
 choque: 86
 encapsulado: 86
 humedad: 86
 rango de temperaturas de almacenamiento: 86
 rango de temperaturas de funcionamiento: 86
 vibración: 86
 especificaciones físicas
 montura para el trípode: 87
 peso: 87
 tamaño: 87
 espectro electromagnético: 131
 espectro termométrico: 126
 etiquetas
 Año: 72
 Auto desconexión: 72
 Botón de disparo: 71
 Campo Info: 71
 Día: 72
 Escala: 71
 Formato fecha: 73
 Formato hora: 73
 Hora: 73
 Idioma: 73
 Intensidad de LCD: 72
 Mes: 72
 Minuto: 73

media, banda infrarroja: 132
 medición
 comparativa: 25
 temperatura: 23
 medición de temperatura: 23
 medida, área
 insertar: 46
 medida termográfica, técnicas
 introducción: 119
 medir temperatura: 46
 mejoras, sugerencias: 10
 Melloni, Macdonio: 126
 mensajes: 64
 MENU/YES
 función: 59
 ubicación: 58
 menús
 Configurar: 71
 Mes
 etiqueta: 72
 Minuto
 etiqueta: 73
 modo de medición: 67
 Modo Medic
 cuadro de diálogo: 67
 Modo medic.
 comando: 67
 montura para el trípode: 87
 mostrar
 sistema de menús: 67
 Mostrar gráficos
 comando: 69
 MSDS: 81

N

navegar
 sistema de menús: 67
 nieve: 37
 nivel
 cambiar: 48, 68
 Nobili, Leopoldo : 127
 normal, temperatura de funcionamiento: 26
 NTSC/EIA: 85
 números de referencia
 1 120 987: 11
 1 195 102: 11
 1 195 106: 11
 1 195 128: 11
 1 195 221: 11
 1 195 494: 11
 1 909 528: 11
 1 909 775: 11

O

objetos de la pantalla
 seleccionar: 65
 objetos de pantalla
 tabla de resultados: 63
 Ocultar gráficos
 comando: 69

P

PAL/CCIR: 85
 paleta
 cambiar: 69
 Paleta
 comando: 69
 cuadro de diálogo: 69
 partes de la cámara
 ubicación: 55
 anilla de enfoque: 56
 anilla para la correa de mano: 55
 botón de disparo: 57
 indicador luminoso: 58
 láser LocalIR: 56
 mando de navegación: 58
 MENU/YES: 58
 montura para el trípode: 57
 protección de la lente: 56
 PWR/NO: 58
 SAVE/FRZ: 58
 SEL: 58
 tapa de la batería: 55, 57
 patentes: viii
 pendientes, patentes: viii
 peso: 87
 piezas defectuosas: 18
 Planck, Max: 133
 precisión: 85
 preparación: 19
 presentación de imágenes: 85
 prioridad de reparaciones: 20
 probables, defectos: 18
 productos, garantía: viii
 protección de la lente para el cuerpo de la cámara
 lista de contenido: 11
 protección del LCD: 1, 72
 puntero láser
 invalidar: 70
 punto
 insertar: 46
 PWR/NO
 función: 59
 ubicación: 58

R

radiadores
 cuerpo gris: 138
 radiador de cavidad: 133
 radiadores selectivos: 138
 rango
 cambiar: 69
 Rango
 comando: 69
 cuadro de diálogo: 69
 rango de temperaturas: 85
 rango de temperaturas de almacenamiento: 86
 rango de temperaturas de funcionamiento: 86
 rango espectral: 85
 recalentamiento: 35
 reflejos: 31
 refrigeración, condiciones: 33
 renuncia legal: viii
 reparaciones, prioridad: 20
 resistencia, variaciones: 34
 RS-232
 configuración de los pines: 87
 interfaz: 87

S

Salida de vídeo
 etiqueta: 73
 salir
 sistema de menús: 67
 Salvapantallas
 etiquetas: 72
 Samuel P. Langley: 128
 SAVE/FRZ
 función: 59
 ubicación: 58
 Segundo
 etiqueta: 73
 SEL
 función: 59
 ubicación: 58
 seleccionar
 objetos de la pantalla: 65
 selecciones
 cancelar: 67
 confirmar: 67
 Sir James Dewar: 128
 Sir William Herschel: 125
 sistema, mensajes
 advertencias: 64
 mensajes de estado: 64
 sistema de alimentación eléctrica
 especificaciones: 86
 gestión de alimentación: 86

sistema de alimentación eléctrica (*continuación*)

voltaje: 86
 sistema de gestión de la calidad: viii
 sistema de menús
 cancelar
 selecciones: 67
 confirmar
 selecciones: 67
 mostrar: 67
 navegar: 67
 salir: 67
 solar, calentamiento: 31
 solenoides: 18
 Stefan, Josef: 136
 sugerencias: 10

T

tabla de resultados
 objetos de pantalla: 63
 signos: 63
 tamaño: 87
 tamaño de objeto: 38
 teclas
 funciones
 MENU/YES: 59
 PWR/NO: 59
 SAVE/FRZ: 59
 SEL: 59
 ubicación
 mando de navegación: 58
 MENU/YES: 58
 PWR/NO: 58
 SAVE/FRZ: 58
 SEL: 58
 técnicas, especificaciones: 85
 tecnología de infrarrojos
 historia: 125
 temperatura
 exceso: 26
 funcionamiento normal: 26
 medir: 46
 temperatura, comportamiento: 18
 temperatura ambiente reflejada
 cambiar: 69
 explicación: 123
 temperatura aparente reflejada: 41
 temperatura de alarma de color
 cambiar: 67
 temperatura de funcionamiento normal: 26
 temperaturas
 rango de almacenamiento: 86
 rango de funcionamiento: 86
 teoría de la termografía: 131

termo: 128	tutoriales (<i>continuación</i>)
termografía: 127	insertar (<i>continuación</i>)
termografía, teoría: 131	batería: 53
termométrico	punto: 46
espectro: 126	
tiempo de calentamiento: 46	
tiempo de funcionamiento: 86	
tipo de detector: 85	
trabajar con la cámara	
ajustar	
enfoque: 52	
extraer	
batería: 53	
lente: 52	
insertar	
batería: 53	
T reflejada	
cambiar: 69	
tutoriales	
abrir	
archivo: 45	
imagen: 45	
adquirir	
imagen: 44	
ajustar	
enfoque: 52	
apagar	
cámara: 43	
cambiar	
alarma de color: 47	
campo: 48	
enfoque: 52	
fecha y hora: 50	
formato de fecha: 49	
formato de hora: 50	
idioma: 49	
nivel: 48	
unidad de temperatura: 49	
congelar	
imagen: 44	
eliminación	
archivos: 45	
imagen: 45	
encender	
cámara: 43	
extraer	
batería: 53	
lente: 52	
guardar	
archivo: 44	
imagen: 44	
insertar	
área: 46	

tutoriales (*continuación*)
insertar (*continuación*)
batería: 53
punto: 46

U
unidad de temperatura
cambiar: 49
Unidad temp
etiqueta: 73
USB
configuración de los pines: 87
interfaz: 87

V
Valores de fábrica
comando: 74
variaciones de la carga: 33
variaciones de resistencia: 34
velocidad del viento: 19
vibración: 86
viento: 36
viento, velocidad: 19

W
Wien, Wilhelm: 135
Wilhelm Wien: 135
William Herschel: 125

A note on the technical production of this manual

This manual was produced using XML – eXtensible Markup Language. For more information about XML, point your browser to: <http://www.w3.org/XML/>

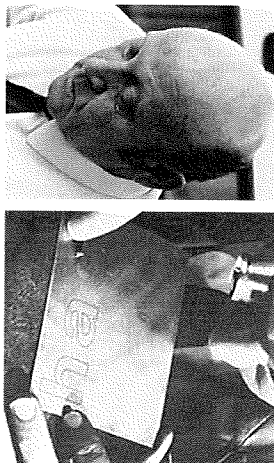
Readers interested in the history & theory of markup languages may also want to visit the following sites:

- <http://www.gla.ac.uk/staff/strategy/information/socacp/>
- <http://www.renater.fr/Video/2002ATHENS/P/DC/History/plan.htm>

A note on the typeface used in this manual

This manual was typeset using Swiss 721, which is Blisstream's pan-European version of Max Miedinger's 'Helvetica' typeface. Max Miedinger was born December 24th, 1910 in Zürich, Switzerland and died March 8th, 1980 in Zürich, Switzerland.

10569303.01



- 1926-30: Trains as a typesetter in Zürich, after which he attends evening classes at the Kunstgewerbeschule in Zürich.
- 1936-46: Typographer for Globus department store's advertising studio in Zürich.
- 1947-56: Customer counselor and typeface sales representative for the Haas'sche Schriftgießerei in Münchenstein near Basel. From 1956 onwards: freelance graphic artist in Zürich.
- 1936: Eduard Hoffmann, the director of the Haas'sche Schriftgießerei, commissions Miedinger to develop a new sans-serif typeface.
- 1957: The Haas-Grotesk face is introduced.
- 1958: Introduction of the roman (or normal) version of Haas-Grotesk.
- 1959: Introduction of a bold Haas-Grotesk.
- 1960: The typeface changes its name from Neue Haas Grotesk to Helvetica™.
- 1983: Linotype publishes its 'Neue Helvetica', based on the earlier Helvetica™.

For more information about Max Miedinger, his typeface and its influences, please visit <http://www.ni.edu/~ni5703/irmm/project2/index.html>

The following file identities and file versions were used in the formatting stream output for this manual:

20234204.xml b10
20234304.xml b8
20234404.xml b9
20234604.xml b7
20234704.xml b9
20234804.xml b7
20234904.xml b5
20235004.xml b9
20235104.xml b9
20235204.xml b6
20235304.xml b6
20236404.xml b6
20236704.xml b12
20236904.xml b5
20237004.xml b7
20237404.xml b6
20237604.xml b9
20238504.xml a4
20248604.xml a5
20254903.xml a25
20255204.xml a3
20273204.xml a2
20275204.xml a3
R0055.rtp a13
config.xml a4

