



Manual del usuario Serie FLIR Cx





Manual del usuario Serie FLIR Cx



Tabla de contenido

1	Renuncias de responsabilidad	1
1.1	Renuncia legal	1
1.2	Estadísticas de uso	1
1.3	Cambios en el registro	1
1.4	Normativas del Gobierno de los Estados Unidos.....	1
1.5	Copyright	1
1.6	Control de calidad	1
1.7	Patentes	1
1.8	EULA Terms	1
1.9	EULA Terms	1
2	Información de seguridad	3
3	Aviso para el usuario	6
3.1	Foros de usuarios	6
3.2	Calibración.....	6
3.3	Precisión.....	6
3.4	Desecho de residuos electrónicos	6
3.5	Formación.....	6
3.6	Actualizaciones de la documentación.....	6
3.7	Nota importante acerca de este manual.....	6
3.8	Notas sobre las versiones acreditadas	7
4	Asistencia para clientes	8
4.1	General	8
4.2	Envío de preguntas	8
4.3	Descargas.....	9
5	Guía de inicio rápido	10
5.1	Procedimiento.....	10
6	Descripción	11
6.1	Vista desde la parte delantera	11
6.2	Vista desde la parte posterior	11
6.3	Conector.....	12
6.4	Elementos de la pantalla	12
6.5	Orientación automática	12
6.6	Exploración del sistema de menús.....	13
7	Funcionamiento	14
7.1	Carga de la batería.....	14
7.2	Encendido y apagado de la cámara	14
7.3	Almacenamiento de una imagen	14
7.3.1	General.....	14
7.3.2	Capacidad de imágenes.....	14
7.3.3	Convención de nombres	14
7.3.4	Procedimiento	14
7.4	Recuperación de una imagen	14
7.4.1	General.....	14
7.4.2	Procedimiento	14
7.5	Eliminación de una imagen	15
7.5.1	General.....	15
7.5.2	Procedimiento	15
7.6	Eliminación de todas las imágenes	15
7.6.1	General.....	15
7.6.2	Procedimiento	15
7.7	Medición de la temperatura con un puntero de medida	16
7.7.1	General.....	16
7.8	Ocultación de herramientas de medición	16
7.8.1	Procedimiento	16

Tabla de contenido

7.9	Cambio de la paleta de colores.....	16
7.9.1	General.....	16
7.9.2	Procedimiento.....	16
7.10	Cambio del modo de imagen.....	16
7.10.1	General.....	16
7.10.2	Procedimiento.....	17
7.11	Cambio del modo de la escala de temperaturas.....	18
7.11.1	General.....	18
7.11.2	Cuándo utilizar el modo <i>Bloqueo</i>	18
7.11.3	Procedimiento.....	18
7.12	Ajuste de la emisividad.....	18
7.12.1	General.....	18
7.12.2	Procedimiento.....	18
7.13	Cambio de la temperatura aparente reflejada.....	19
7.13.1	General.....	19
7.13.2	Procedimiento.....	19
7.14	Cambio de la distancia.....	19
7.14.1	General.....	19
7.14.2	Procedimiento.....	19
7.15	Ejecución de procesos de corrección de falta de uniformidad.....	20
7.15.1	¿Qué es una corrección de falta de uniformidad?.....	20
7.15.2	¿Cuándo ejecutar una corrección de falta de uniformidad?.....	20
7.15.3	Procedimiento.....	20
7.16	Utilización de la luz de la cámara.....	20
7.16.1	General.....	20
7.16.2	Procedimiento.....	20
7.17	Modificación de la configuración.....	20
7.17.1	General.....	20
7.17.2	Procedimiento.....	21
7.18	Actualización de la cámara.....	21
7.18.1	General.....	21
7.18.2	Procedimiento.....	21
8	Datos técnicos.....	22
8.1	Calculadora de campo de visión en línea.....	22
8.2	Nota acerca de los datos técnicos.....	22
8.3	Notas sobre las versiones acreditadas.....	22
8.4	FLIR C2.....	23
9	Dibujos mecánicos.....	26
10	Declaración de conformidad CE.....	27
11	Limpieza de la cámara.....	28
11.1	Carcasa de la cámara, cables y otros elementos.....	28
11.1.1	Líquidos.....	28
11.1.2	Equipo.....	28
11.1.3	Procedimiento.....	28
11.2	Lente de infrarrojos.....	28
11.2.1	Líquidos.....	28
11.2.2	Equipo.....	28
11.2.3	Procedimiento.....	28
12	Ejemplos de aplicaciones.....	29
12.1	Daños por agua y humedad.....	29
12.1.1	General.....	29
12.1.2	Figura.....	29
12.2	Contacto defectuoso en el conector.....	29
12.2.1	General.....	29

Tabla de contenido

	12.2.2 Figura.....	30
12.3	Conector oxidado	30
	12.3.1 General.....	30
	12.3.2 Figura.....	30
12.4	Deficiencias de aislamiento.....	31
	12.4.1 General.....	31
	12.4.2 Figura.....	31
12.5	Corrientes de aire	32
	12.5.1 General.....	32
	12.5.2 Figura.....	32
13	Acerca de FLIR Systems.....	34
13.1	Mucho más que una cámara de infrarrojos	35
13.2	Conocimiento compartido.....	35
13.3	Asistencia para nuestros clientes	36
13.4	Algunas imágenes de nuestras instalaciones	36
14	Glosario	37
15	Técnicas de medida termográfica.....	40
15.1	Introducción	40
15.2	Emisividad	40
	15.2.1 Determinación de la emisividad de una muestra	40
15.3	Temperatura aparente reflejada	43
15.4	Distancia.....	43
15.5	Humedad relativa.....	43
15.6	Otros parámetros.....	43
16	Historia de la tecnología de infrarrojos	45
17	Teoría de la termografía	48
17.1	Introducción.....	48
17.2	El espectro electromagnético	48
17.3	Radiación de un cuerpo negro	48
	17.3.1 Ley de Planck.....	49
	17.3.2 Ley de desplazamiento de Wien	50
	17.3.3 Ley de Stefan-Boltzmann	52
	17.3.4 Emisores que no constituyen cuerpos negros.....	52
17.4	Materiales semitransparentes al infrarrojo	54
18	La fórmula de medición.....	55
19	Tablas de emisividad	59
19.1	Bibliografía	59
19.2	Tablas	59

1.1 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 almacenaje, uso y servicio, y de acuerdo con las instrucciones facilitadas por FLIR Systems.

Todas las cámaras portátiles de infrarrojos sin refrigeración fabricadas por FLIR Systems están garantizadas contra defectos de materiales y de mano de obra durante un periodo de dos (2) años desde la fecha de entrega de la compra original, siempre y cuando: dichos productos hayan estado sujetos a condiciones normales de almacenamiento, uso y servicio; hayan sido utilizados con arreglo a las instrucciones facilitadas por FLIR Systems y siempre que la cámara se haya registrado en un periodo de 60 días desde la compra original.

Todas las cámaras portátiles de infrarrojos sin refrigeración fabricadas por FLIR Systems están garantizadas contra defectos de materiales y de mano de obra durante un periodo de dos (2) años desde la fecha de entrega de la compra original, siempre y cuando: dichos productos hayan estado sujetos a condiciones normales de almacenamiento, uso y servicio; hayan sido utilizados con arreglo a las instrucciones facilitadas por FLIR Systems y siempre que la cámara se haya registrado en un periodo de 60 días desde la compra original.

Los productos no fabricados por FLIR Systems, pero 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 utilizándolo 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.

Esta garantía estará sometida a la legislación sueca.

Cualquier disputa, desacuerdo o reclamación relacionada con esta garantía se resolverá según las reglas del instituto de arbitraje de la cámara de comercio de Estocolmo. El lugar del arbitraje será Estocolmo. El idioma que se utilizará en los procedimientos de arbitraje será el inglés.

1.2 Estadísticas de uso

FLIR Systems se reserva el derecho de recopilar estadísticas de uso anónimas para ayudar a mantener y mejorar la calidad de nuestros servicios y software.

1.3 Cambios en el registro

La entrada de registro HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Lsa\LmCompatibilityLevel cambiará automáticamente al nivel 2 si el servicio FLIR Camera Monitor detecta una cámara FLIR conectada al equipo con un cable USB. La modificación sólo se realizará si el dispositivo de la cámara implementa un servicio de red remoto que admita inicios de sesión en la red.

1.4 Normativas del Gobierno de los Estados Unidos

Este producto puede estar sujeto a normativas estadounidenses de exportación. Puede enviar sus dudas a exportquestions@flir.com.

1.5 Copyright

© 2015, FLIR Systems, Inc. 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 este un medio electrónico, magnético, óptico, manual o de otro tipo, sin el consentimiento previo por escrito de FLIR Systems.

No se podrá copiar, fotocopiar, reproducir, traducir ni transmitir total o parcialmente la documentación 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 solo con fines identificativos y son propiedad de sus respectivos propietarios.

1.6 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 las mejoras y cambios oportunos en cualquiera de los productos sin previo aviso.

1.7 Patentes

Puede que a los productos o las características se les apliquen una o varias de las siguientes patentes y/o patentes de diseño. Puede que también se apliquen patentes pendientes adicionales y/o patentes de diseño pendientes.

000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707747; 001776519; 001954074; 002021543; 002058180; 002249953; 002531178; 0600574-8; 1144833; 1182246; 1182620; 1285345; 1299699; 1325808; 1336775; 1391114; 1402918; 1404291; 1411581; 1415075; 1421497; 1458284; 1678485; 1732314; 2106017; 2107799; 2381417; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 4889913; 5177595; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 7667198; 7809258 B2; 7826736; 8,153,971; 8,823,803; 8,853,631; 8018649 B2; 8212210 B2; 8289372; 8354639 B2; 8384783; 8520970; 8565547; 8595689; 8599262; 8654239; 8680468; 8803093; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; D615,113; D664,580; D664,581; D665,004; D665,440; D677298; D710,424 S; D718801; D16702302-9; D16903617-9; D17002221-6; D17002891-5; D17002892-3; D17005799-0; DM/057692; DM/061609; EP 2115696 B1; EP2315433; SE 0700240-5; US 8340414 B2; ZL 201330267619.5; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200610088759.5; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200820105768.8; ZL200830128581.2; ZL200880105236.4; ZL200880105769.2; ZL200930190061.9; ZL201030176127.1; ZL201030176130.3; ZL201030176157.2; ZL201030595931.3; ZL201130442354.9; ZL201230471744.3; ZL201230620731.8.

1.8 EULA Terms











- You have acquired a device ("INFRARED CAMERA") that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates ("MS"). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and "online" or electronic documentation ("SOFTWARE") are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT ("EULA"), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).
- GRANT OF SOFTWARE LICENSE. This EULA grants you the following license:
 - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
 - NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
 - NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.
 - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.\$250.00).**
 - Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
 - SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
 - EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see <http://www.microsoft.com/exporting/>.











1.9 EULA Terms








Qt4 Core and Qt4 GUI, Copyright ©2013 Nokia Corporation and FLIR Systems AB. This Qt library is a free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2.1 of the License, or

(at your option) any later version. This library is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

See the GNU Lesser General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/lgpl-2.1.html>. The source code for the libraries Qt4 Core and Qt4 GUI may be requested from FLIR Systems AB.

	ADVERTENCIA
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
No desmonte ni realice modificaciones en la batería. La batería contiene dispositivos de seguridad y protección que, en caso de sufrir daños, podrían hacer que generara calor, explotara o se incendiara.	
	ADVERTENCIA
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
Si se produce una fuga en la batería y el líquido le alcanza los ojos, no se los frote. Enjuáguelos bien con agua y acuda de inmediato a recibir atención médica. De lo contrario, el líquido de la batería podría provocar daños.	
	ADVERTENCIA
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
No siga cargando la batería si no se recarga en el tiempo de carga especificado. Si continúa cargando la batería, podría generar calor y explotar o incendiarse. Podría causar daños personales.	
	ADVERTENCIA
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
Utilice únicamente el equipo adecuado para quitar la alimentación de la batería. Si no utiliza el equipo adecuado, podría provocar una disminución del rendimiento y el tiempo de vida útil de la batería. Además, si no utiliza el equipo adecuado, podría producirse un flujo de corriente incorrecto hacia la batería. De este modo, la batería puede generar calor, o llegar a explotar. Se pueden producir lesiones.	
	ADVERTENCIA
Asegúrese de leer todas las hojas de datos de materiales de seguridad (MSDS) y etiquetas de advertencia de los contenedores aplicables antes de utilizar un líquido. Los líquidos pueden ser peligrosos y pueden provocar lesiones.	
	ATENCIÓN
No apunte con la cámara de infrarrojos (con o sin la protección de la lente) a fuentes de energía intensas (por ejemplo, dispositivos que causen radiación láser o el sol). Esto podría provocar efectos no deseados en la precisión de la cámara. También podría provocar daños en el detector de la cámara.	
	ATENCIÓN
No utilice la cámara con temperaturas superiores a +50 °C, a menos que se proporcione otra información en la documentación o datos técnicos del usuario. Las temperaturas elevadas pueden provocar daños en la cámara.	
	ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
No conecte las baterías directamente al encendedor de un coche, a menos que FLIR Systems proporcione un adaptador específico para conectar las baterías a un encendedor. Las baterías podrían dañarse.	
	ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
No conecte los polos positivo y negativo de la batería entre sí con un objeto metálico (como un cable); podrían dañarse.	
	ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías.	
No esponga la batería al agua dulce ni salada, ni permita que se moje; podrían dañarse.	

 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No perfora la batería; podría dañarse.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No golpee la batería con un martillo; podría dañarse.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No pise, golpee o cause descargas en la batería; podría dañarse.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No coloque la batería en el fuego o cerca de él, ni directamente bajo la luz del sol. Cuando la batería se calienta, el equipo de seguridad incorporado se activa y puede detener el proceso de carga de la batería. Si la batería se calienta, podrían producirse daños en el equipo de seguridad, con lo que podría producirse más calor, daños o incluso que la batería se incendiara.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No coloque la batería en el fuego, ni incremente la temperatura de la batería con calor. Se podrían producir daños personales y en la batería.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No coloque la batería cerca del fuego, de estufas o de otras ubicaciones con alta temperatura. Se podrían producir daños personales y en la batería.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No realice soldaduras directamente en la batería; podría dañarse.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. No utilice la batería si al usarla, cargarla o almacenarla, detecta un olor raro procedente de ella, nota que está caliente, cambia de color, de forma, o presenta cualquier otro estado fuera de lo habitual. Póngase en contacto con la oficina de ventas si se produce uno de estos problemas. Se podrían producir daños personales y en la batería.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. Utilice solo un cargador de batería específico cuando cargue la batería. Si no lo hace, la batería podría dañarse.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. El intervalo de temperatura en el que puede cargar la batería es de 0 a +45 °C, a menos que se proporcione otra información en la documentación del usuario o en los datos técnicos. Si carga la batería con temperaturas fuera de este intervalo, esta podría calentarse o romperse. También podría disminuir el rendimiento del ciclo de vida útil de la batería.

 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. El intervalo de temperatura en el que puede quitar la alimentación de la batería es de -15 a $+50$ °C, a menos que se proporcione otra información en la documentación del usuario o en los datos técnicos. Si utiliza la batería fuera de este intervalo de temperatura, podría disminuir el rendimiento del ciclo de vida útil de la batería.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. Cuando la batería se agote, aisle los terminales con cinta adhesiva o materiales equivalentes antes de desecharla. Si no lo hace, se podrían producir daños personales y en la batería.
 ATENCIÓN
Aplicación: Cámaras con una o varias baterías. Elimine cualquier resto de agua o humedad de la batería antes de instalarla. Si no lo hace, la batería podría dañarse.
 ATENCIÓN
No aplique disolventes o líquidos similares en la cámara, cables u otros componentes. Se podrían producir daños personales y en la batería.
 ATENCIÓN
Tenga cuidado cuando limpie la lente de infrarrojos. La lente tiene un revestimiento antirreflectante muy sensible a los daños. La lente de infrarrojos podría dañarse.
 ATENCIÓN
No limpie la lente de infrarrojos con mucha fuerza. Esto podría causar daños en el revestimiento antirreflectante.
 NOTA
La categoría de encapsulado solo es aplicable si todas las aperturas de la cámara están selladas con sus cubiertas, trampillas o protecciones correctas. Esto incluye los compartimentos para almacenamiento de datos, baterías y conectores.

3.1 Foros de usuarios

Intercambie ideas, problemas y soluciones de infrarrojos con colegas termógrafos de todo el mundo en nuestros foros de usuarios. Para acceder a los foros, visite el siguiente sitio:

<http://www.infraredtraining.com/community/boards/>

3.2 Calibración

Se recomienda enviar la cámara para su calibración una vez al año. Póngase en contacto con la oficina local de ventas para obtener instrucciones sobre dónde enviar la cámara.

3.3 Precisión

Para obtener los resultados más precisos, se recomienda esperar cinco minutos después de poner en marcha la cámara para comenzar a realizar mediciones de temperatura.

3.4 Desecho de residuos electrónicos



Al igual que con la mayoría de los productos electrónicos, este equipo debe desecharse de un modo respetuoso con el medio ambiente y de acuerdo con las normativas existentes sobre residuos electrónicos.

Póngase en contacto con el representante de FLIR Systems para obtener información más detallada.

3.5 Formación

Para leer acerca de la formación sobre infrarrojos, visite el siguiente sitio:

- <http://www.infraredtraining.com>
- <http://www.irtraining.com>
- <http://www.irtraining.eu>

3.6 Actualizaciones de la documentación

Nuestros manuales se actualizan varias veces al año. También publicamos notificaciones sobre cambios críticos para el producto de forma periódica.

Para acceder a los manuales y notificaciones más recientes, diríjase a la ficha Download en:

<http://support.flir.com>

Solo le llevará unos minutos registrarse en línea. En la zona de descargas también encontrará las versiones más recientes de los manuales de nuestros otros productos, así como manuales de nuestros productos históricos u obsoletos.

3.7 Nota importante acerca de este manual

FLIR Systems produce manuales genéricos para varias cámaras dentro de una línea de modelos.

Esto significa que el manual puede incluir descripciones y explicaciones no aplicables a su modelo concreto de cámara.

3.8 Notas sobre las versiones acreditadas

La versión acreditada de esta publicación es en inglés. En caso de divergencias debido a errores de traducción, prevalecerá la versión en inglés.

Las posibles modificaciones se introducen en la versión en inglés en primer lugar.

FLIR Customer Support Center

Home | Answers | Ask a Question | Product Registration | Downloads | My Stuff | Service

FLIR Customer support

Get the most out of your FLIR products

Get Support for Your FLIR Products

Welcome to the FLIR Customer Support Center. This portal will help you as a FLIR customer to get the most out of your FLIR products. The portal gives you access to:

- The FLIR Knowledgebase
- Ask our support team (requires registration)
- Software and documentation (requires registration)
- FLIR service contacts

Find Answers

We store all resolved problems in our solution database. Search by product, category, keywords, or phrases.

Search by Keyword


[Search All Answers](#)

[See All Popular Answers](#)


2.1

To find a datasheet for a current product, click on a picture.
To find a datasheet for a legacy product, click [here](#).


FLIR Ex




FLIR Exx




FLIR Kxx




FLIR T4xx




FLIR T6xx




FLIR G3xx




ThermaCAM™
GasFindIR




FLIR GF3xx




FLIR AX



FLIR Ax5




FLIR A3xx



More...

Product catalog

Please right-click the links below and select Save Target As... to save the file.




[US Letter \(28 Mb\)](#)

[A4 \(27.4 Mb\)](#)

[Important legal disclaimer, dangers, warnings, and cautions](#)

Accessories



4.1 General

Para obtener asistencia, visite:

<http://support.flir.com>

4.2 Envío de preguntas

Para enviar una pregunta al equipo de asistencia debe ser un usuario registrado. Sólo tardará unos minutos en registrarse en línea. Si sólo desea buscar preguntas y respuestas existentes en la base de datos de conocimientos, no necesita ser un usuario registrado.

Cuando desee enviar una pregunta, asegúrese de tener a mano los siguientes datos:

- Modelo de la cámara
- Número de serie de la cámara
- Protocolo o método de comunicación entre la cámara y su dispositivo (por ejemplo, HDMI, Ethernet, USB o FireWire)
- Tipo de dispositivo (PC/Mac/iPhone/iPad/dispositivo Android, etc.)
- Versión de cualquier programa de FLIR Systems
- Nombre completo, número de publicación y número de versión del manual


4.3 Descargas

En el sitio de ayuda para clientes, también puede descargar:

- Actualizaciones de firmware para su cámara de infrarrojos.
- Actualizaciones para los programas de software para equipos informáticos.
- Versiones de evaluación y software gratuito para PC/Mac.
- Documentación de usuario de productos actuales, obsoletos e históricos.
- Diseños mecánicos (en formato *.dxf y *.pdf).
- Modelos de datos CAD (en formato *.stp).
- Historias de aplicaciones.
- Hojas de datos técnicos.
- Catálogos de productos.

5.1 Procedimiento

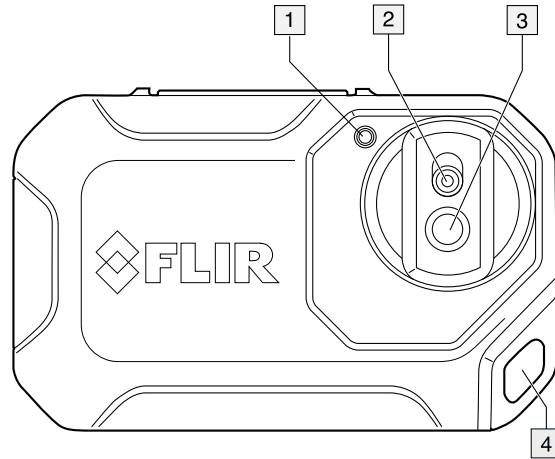
Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Cargue la batería durante aproximadamente 1,5 horas con la fuente de alimentación de FLIR.
2. Pulse el botón de encendido y apagado  para encender la cámara.
3. Apunte con la cámara al objeto de interés.
4. Pulse el botón de almacenamiento para guardar una imagen.

(Pasos opcionales)

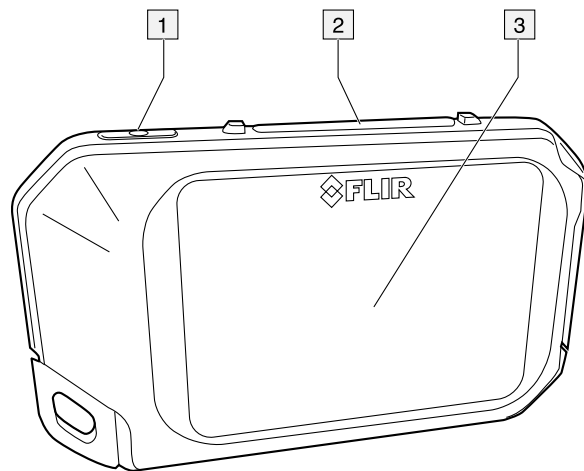
5. Instale FLIR Tools en el equipo.
6. Inicie FLIR Tools.
7. Conecte la cámara al PC mediante el cable USB.
8. Importe las imágenes en FLIR Tools.
9. Cree un informe PDF en FLIR Tools.

6.1 Vista desde la parte delantera



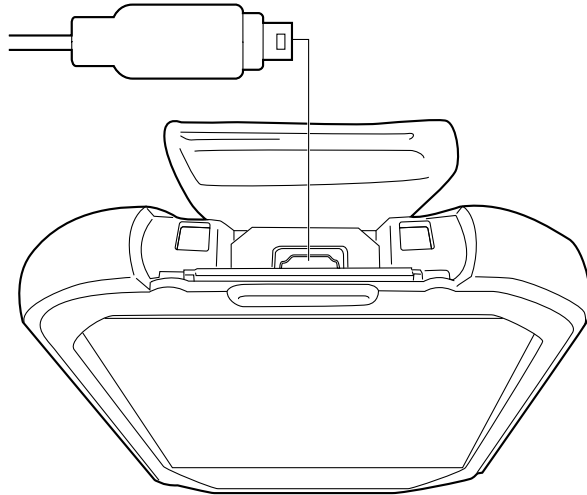
1. Luz de la cámara.
2. Lente de cámara digital.
3. Lente de infrarrojos.
4. Punto de sujeción.

6.2 Vista desde la parte posterior



1. Botón de encendido.
2. Botón para guardar.
3. Pantalla de la cámara.

6.3 Conector



La función de este conector USB Micro-B es la siguiente:

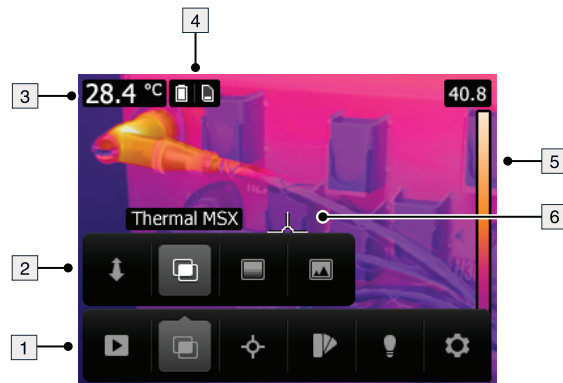
- Carga de la batería mediante la fuente de alimentación FLIR.
- Transferencia de imágenes de la cámara a un PC para realizar un análisis más exhaustivo en FLIR Tools.



NOTA

Instale FLIR Tools en su PC antes de transferir las imágenes.

6.4 Elementos de la pantalla



1. Barra de herramientas de menú principal.
2. Barra de herramientas de submenú.
3. Tabla de resultados.
4. Iconos de estado.
5. Escala de temperatura.
6. Puntero de medida.

6.5 Orientación automática

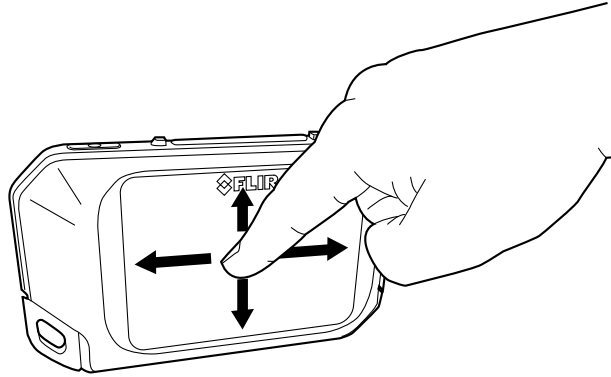
La cámara cuenta con una función de orientación automática que permite a la cámara ajustar automáticamente la información de medición en la pantalla en función de la posición vertical u horizontal de la máquina.



NOTA

La función de orientación automática de la cámara se activa mediante un parámetro. Seleccione *Ajustes > Configuración del dispositivo > Orientación automática > Activado*.

6.6 Exploración del sistema de menús



La cámara tiene una pantalla táctil. Puede utilizar el dedo índice o un puntero especialmente diseñado para pantallas capacitivas para navegar por el sistema de menús.




Toque la pantalla de la cámara para abrir el sistema de menús.

7.1 Carga de la batería

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Conecte la fuente de alimentación de FLIR a un enchufe.
2. Conecte el cable de la fuente de alimentación de la cámara al conector USB de la cámara.

7.2 Encendido y apagado de la cámara

- Pulse el botón de encendido y apagado  para encender la cámara.
- Mantenga pulsado el botón de encendido  hasta que la pantalla se apague (menos de 5 segundos) para poner la cámara en modo de espera. La cámara se apagará automáticamente después de 2 horas.
- Mantenga pulsado el botón de encendido  durante más de 5 segundos para apagar la cámara.

7.3 Almacenamiento de una imagen

7.3.1 General

Puede guardar las imágenes en la memoria interna de la cámara.

La cámara guarda una imagen térmica y otra visual a la vez.

7.3.2 Capacidad de imágenes

En la memoria interna se pueden guardar aproximadamente 500 imágenes.

7.3.3 Convención de nombres

La convención de nombres para las imágenes es *FLIRxxxx.jpg*, donde *xxxx* es un contador único.

7.3.4 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Para guardar una imagen, pulse el botón Guardar.




7.4 Recuperación de una imagen

7.4.1 General







Al guardar una imagen, se almacena en la memoria interna de la cámara. Para volver a mostrarla, puede abrirla desde la memoria interna de la cámara.

7.4.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Imágenes* . Se mostrará una imagen del archivo de imágenes.
3. Para desplazarse a la imagen anterior o a la siguiente, realice una de las siguientes acciones:
 - Deslice a la izquierda o a la derecha.
 - Toque la flecha izquierda  o la flecha derecha .
4. Para cambiar entre una imagen térmica y una imagen visual, deslice hacia arriba o abajo.

5. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará una barra de menús.

- Seleccione *Pantalla completa*  o *Salir de pantalla completa*  para cambiar la visualización entre vista normal y pantalla completa.
- Seleccione *Miniaturas*  para mostrar la vista general de miniaturas. Para desplazarse por las miniaturas, deslice hacia arriba o hacia abajo. Para abrir una imagen, toque en la miniatura.
- Seleccione *Eliminar*  para borrar la imagen.
- Seleccione *Información*  para mostrar la información de la imagen.
- Seleccione *Cámara*  para volver al modo de visualización.






7.5 Eliminación de una imagen

7.5.1 General

Puede eliminar una imagen de la memoria interna de la cámara.

7.5.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Imágenes* . Se mostrará una imagen del archivo de imágenes.
3. Para desplazarse a la imagen anterior o a la siguiente, realice una de las siguientes acciones:
 - Deslice a la izquierda o a la derecha.
 - Toque la flecha izquierda  o la flecha derecha .
4. Cuando se muestre la imagen que desea eliminar, toque la pantalla de la cámara. Se abrirá una barra de herramientas.
5. En la barra de herramientas seleccione *Eliminar* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
6. En el cuadro de diálogo seleccione *Eliminar*.
7. Para volver al modo de visualización, toque la pantalla de la cámara y seleccione *Cámara* .


7.6 Eliminación de todas las imágenes


7.6.1 General

Puede eliminar todas las imágenes de la memoria interna de la cámara.

7.6.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Ajustes* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En el cuadro de diálogo, seleccione *Configuración del dispositivo*. Se abrirá un cuadro de diálogo.
4. En el cuadro de diálogo, seleccione *Restablecer opciones*. Se abrirá un cuadro de diálogo.
5. En el cuadro de diálogo, seleccione *Eliminar todas las imágenes guardadas*. Se abrirá un cuadro de diálogo.
6. En el cuadro de diálogo seleccione *Eliminar*.

7. Para volver al modo de visualización, toque la flecha izquierda superior  varias veces. También puede pulsar el botón de almacenamiento una vez.



7.7 Medición de la temperatura con un puntero de medida

7.7.1 General

Puede medir una temperatura con un puntero de medida. De este modo, se mostrará en la pantalla la temperatura de la posición del puntero de medida.

7.7.1.1 Procedimiento



Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Medida* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En la barra de herramientas del menú secundario, seleccione *Punto central* . La temperatura de la posición del puntero de medida se mostrará en la esquina superior izquierda de la pantalla.

7.8 Ocultación de herramientas de medición

7.8.1 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Medida* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En la barra de herramientas del menú secundario, seleccione *Sin medidas* .


7.9 Cambio de la paleta de colores

7.9.1 General

Puede cambiar la paleta de colores que emplea la cámara para indicar diferentes temperaturas. Una paleta distinta puede hacer que resulte más sencillo analizar las imágenes.

7.9.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Color* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En la barra de herramientas del menú secundario, seleccione el tipo de paleta de color:
 - *Hierro*.
 - *Arcoíris*.
 - *Arcoíris alto contraste*.
 - *Gris*.

7.10 Cambio del modo de imagen

7.10.1 General

La cámara captura tanto imágenes térmicas como visuales a la vez. Al elegir el modo de imagen, elige el tipo de imagen que mostrar en la pantalla.

La cámara admite los siguientes modos de imagen:

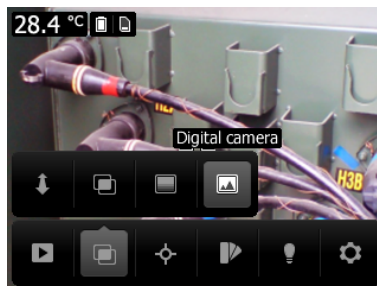
- *MSX* (Multi Spectral Dynamic Imaging): la cámara muestra una imagen de infrarrojos con los bordes de los objetos mejorados con detalles de imágenes visuales.



- *Térmica*: la cámara muestra una imagen completamente térmica.







- *Cámara digital*: la cámara muestra la imagen visual capturada por la cámara digital.




Para mostrar una imagen de fusión de calidad (modo *MSX*), la cámara debe realizar unos ajustes para compensar la pequeña diferencia de posición entre la lente de la cámara digital y la lente de infrarrojos. Para ajustar la imagen con precisión, la cámara requiere la distancia de alineación (es decir, la distancia al objeto).

7.10.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Modo de imagen* . Se abrirá la barra de herramientas del menú secundario.
3. En la barra de herramientas, seleccione una de las siguientes opciones:
 - *MSX* .
 - *Térmica* .
 - *Cámara digital* .

-
4. Si ha seleccionado el modo *MSX*, ajuste la distancia al objeto mediante el siguiente procedimiento:
 - En la barra de herramientas del menú secundario, seleccione *Distancia de alineación* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
 - En el cuadro de diálogo, seleccione la distancia al objeto.

7.11 Cambio del modo de la escala de temperaturas

7.11.1 General

La cámara puede funcionar en dos modos de escala de temperaturas diferentes:

- Modo *Automático*: en este modo la cámara se ajusta automáticamente de forma continua para obtener el brillo y el contraste óptimos.
- Modo de *Bloqueo*: en este modo la cámara bloquea el campo de temperatura y el nivel de temperatura.

7.11.2 Cuándo utilizar el modo Bloqueo

Una situación habitual en la que puede desear usar el modo *Bloqueo* es cuando se buscan anomalías de temperatura en dos elementos con un diseño o construcción similar.

Por ejemplo, tiene dos cables y sospecha que uno se ha sobrecalentado. Con la cámara en modo *Automático*, dirija la cámara hacia el cable que tiene una temperatura normal y active el modo *Bloqueo*. Cuando dirija la cámara en modo *Bloqueo* al cable que cree que está sobrecalentado, ese cable aparecerá en un color *más claro* en la imagen térmica si su temperatura es *mayor* que la del primer cable.

Si en su lugar utiliza el modo *Automático*, el color de los dos elementos será el mismo con independencia de que su temperatura sea diferente.

7.11.3 Procedimiento

Para cambiar entre el modo *Automático* y el de *Bloqueo*, toque el valor de temperatura superior o inferior en la escala de temperaturas.

Un icono de un candado gris indica que el modo *Bloqueo* está activo.

7.12 Ajuste de la emisividad

7.12.1 General

Para medir temperaturas con precisión, es necesario que la cámara sepa el tipo de superficie que va a medir. Puede elegir entre las siguientes propiedades de superficie:


- *Mate*.
- *Semimate*.
- *Semibrillante*.


Como alternativa, puede definir un valor de emisividad personalizado.

Si desea obtener más información acerca de la emisividad, consulte la sección 15 *Técnicas de medida termográfica*, página 40.

7.12.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Ajustes* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En el cuadro de diálogo, seleccione *Parámetros de medición*. Se abrirá un cuadro de diálogo.
4. En el cuadro de diálogo, seleccione *Emisividad*. Se abrirá un cuadro de diálogo.

-
5. En el cuadro de diálogo, seleccione una de las siguientes opciones:
 - *Mate*.
 - *Semimate*.
 - *Semibrillante*.
 - *Valor personalizado*. Se abrirá un cuadro de diálogo en el que podrá definir un valor.
 6. Para volver al modo de visualización, toque la flecha izquierda superior  varias veces. También puede pulsar el botón de almacenamiento una vez.

7.13 Cambio de la temperatura aparente reflejada



7.13.1 General

Este parámetro se utiliza para compensar la radiación reflejada por el objeto. Si la emisividad es baja y la temperatura del objeto es significativamente diferente de la reflejada, es importante establecer la temperatura aparente reflejada y compensarla correctamente.

Si desea obtener más información acerca de la temperatura aparente reflejada, consulte la sección 15 *Técnicas de medida termográfica*, página 40.

7.13.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Ajustes* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En el cuadro de diálogo, seleccione *Measurement parameters*. Aparecerá un cuadro de diálogo.
4. En el cuadro de diálogo, seleccione *Temperatura reflejada*. Se abrirá un cuadro de diálogo en el que podrá definir un valor.
5. Para volver al modo de visualización, toque la flecha izquierda superior  varias veces. También puede pulsar el botón de almacenamiento una vez.

7.14 Cambio de la distancia

7.14.1 General



Por distancia entendemos la que existe entre el objeto y la lente frontal de la cámara. Este parámetro se utiliza para compensar los dos hechos siguientes:

- La radiación del objeto es absorbida por la atmósfera entre el objeto y la cámara.
- La radiación de la propia atmósfera es detectada por la cámara.

Si desea obtener más información, consulte la sección 15 *Técnicas de medida termográfica*, página 40.

7.14.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Ajustes* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En el cuadro de diálogo, seleccione *Measurement parameters*. Aparecerá un cuadro de diálogo.
4. En el cuadro de diálogo, seleccione *Distancia*. Se abrirá un cuadro de diálogo en el que podrá definir un valor.
5. Para volver al modo de visualización, toque la flecha izquierda superior  varias veces. También puede pulsar el botón de almacenamiento una vez.

7.15 Ejecución de procesos de corrección de falta de uniformidad


7.15.1 ¿Qué es una corrección de falta de uniformidad?

Una corrección de falta de uniformidad (NUC) es *una corrección de imagen que realiza el software de la cámara para compensar las distintas sensibilidades de los elementos detectores y de otras interferencias ópticas y geométricas*¹.

7.15.2 ¿Cuándo ejecutar una corrección de falta de uniformidad?

El proceso de corrección de falta de uniformidad se debe llevar a cabo siempre que la imagen producida presente ruido. La imagen producida puede presentar ruido cuando la temperatura ambiente cambia (por ejemplo, al utilizar la cámara en interiores y luego en exteriores, o viceversa).

7.15.3 Procedimiento

Para realizar una corrección de falta de uniformidad, mantenga pulsado el icono . Se mostrará el texto *Calibrando...* en la pantalla.


7.16 Utilización de la luz de la cámara

7.16.1 General

Puede usar la luz de la cámara a modo de linterna o como flash para hacer una foto.

7.16.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Luz* .
3. Seleccione una de las siguientes opciones:
 - *Flash* (para usar la luz como flash para hacer una foto).
 - *Activado* (para encender la lámpara y usarla como linterna).
 - *Desactivado* (para apagar la lámpara).

7.17 Modificación de la configuración

7.17.1 General

Puede cambiar varios ajustes de la cámara.

El menú *Ajustes* incluye lo siguiente:

- *Parámetros de medición.*
- *Opciones de almacenamiento.*
- *Configuración del dispositivo.*

7.17.1.1 Parámetros de medición.

- *Emisividad.*
- *Temperatura reflejada.*
- *Distancia.*

7.17.1.2 Opciones de almacenamiento

- *Photo as separate JPEG:* cuando se selecciona este comando del menú, la fotografía digital de la cámara visual se guarda en todo su campo de visión como una imagen JPEG independiente. Es posible que necesite activar esta opción si utiliza el software FLIR Tools.


1. Definición de la inminente adopción internacional de la norma DIN 54190-3 (Ensayos no destructivos. Pruebas termográficas. Parte 3: Términos y definiciones).

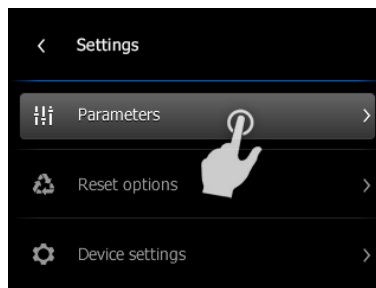
7.17.1.3 Configuración del dispositivo


- *Idioma, hora y unidades:*
 - *Idioma.*
 - *Unidad de temperatura.*
 - *Unidad de distancia.*
 - *Fecha y hora.*
 - *Formato de fecha y hora.*
- *Opciones de restablecimiento:*
 - *Restablecer modo predeterminado de cámara.*
 - *Restablecer configuración de fábrica de cámara.*
 - *Eliminar todas las imágenes guardadas.*
- *Desconexión automática.*
- *Orientación automática.*
- *Intensidad de pantalla.*
- *Información de la cámara:* este comando del menú muestra diferentes elementos de información sobre la cámara, como el modelo, el número de serie, la versión de software, la fecha de la última calibración, etc.

7.17.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Toque la pantalla de la cámara y se mostrará la barra de menús principal.
2. Seleccione *Ajustes* . Se abrirá un cuadro de diálogo.
3. En el cuadro de diálogo, toque el ajuste que desea cambiar.



4. Para volver al modo de visualización, toque la flecha izquierda superior  varias veces. También puede pulsar el botón de almacenamiento una vez.

7.18 Actualización de la cámara

7.18.1 General

Para aprovechar el último firmware disponible para la cámara, es importante que la cámara esté actualizada. Puede actualizar la cámara con FLIR Tools.

7.18.2 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Inicie FLIR Tools.
2. Inicie la cámara.
3. Conecte la cámara al equipo mediante el cable USB.
4. FLIR Tools aparecerá como pantalla de bienvenida si la cámara se ha identificado. En la pantalla de bienvenida seleccione *Buscar actualizaciones*.

También puede seleccionar *Buscar actualizaciones* en el menú *Ayuda* de FLIR Tools.

5. Siga las instrucciones que aparezcan en la pantalla.

8.1 Calculadora de campo de visión en línea

Visite <http://support.flir.com> y haga clic en la foto de la serie de la cámara para acceder a las tablas de campo de visión para todas las combinaciones de lentes de cada cámara.

8.2 Nota acerca de los datos técnicos

FLIR Systems se reserva el derecho a cambiar las especificaciones en cualquier momento sin previo aviso. Consulte los cambios más recientes en <http://support.flir.com>.

8.3 Notas sobre las versiones acreditadas

La versión acreditada de esta publicación es en inglés. En caso de divergencias debido a errores de traducción, prevalecerá la versión en inglés.

Los cambios de última hora siempre se implementan por primera vez en inglés.

8.4 FLIR C2

P/N: T505816

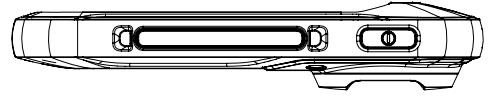
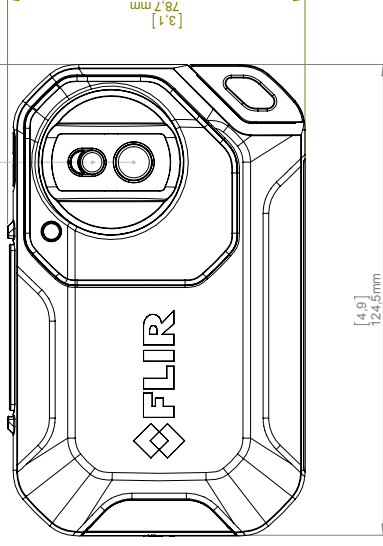
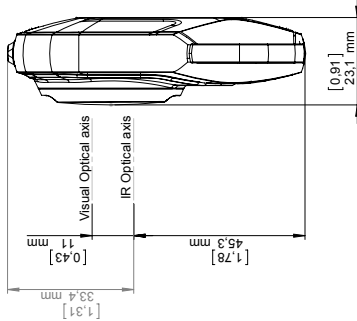
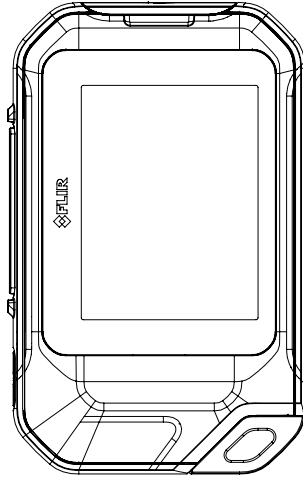
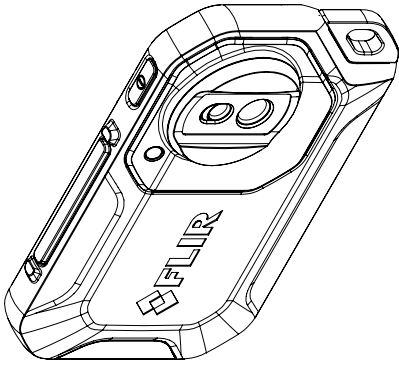
Rev.: 23380

Datos de imagen y ópticos	
NETD	100 mK
Campo de visión (FOV)	41° × 31°
Distancia mínima de enfoque	<ul style="list-style-type: none"> Térmica: 0,15 m (0,49 pies) MSX: 1,0 m (3,3 pies)
Distancia focal	1,54 mm (0,061 pulg.)
Resolución espacial (IFOV)	11 mrad
Número F	1,1
Frecuencia de imagen	9 Hz
Enfoque	Fijo
Datos del detector	
Matriz de plano focal	Microbolómetro no refrigerado
Rango espectral	7,5–14 μm
Resolución del detector	17 μm
Tamaño del sensor IR	80 × 60
Presentación de imagen	
Pantalla (color)	<ul style="list-style-type: none"> 3,0 pulg. 320 × 240 píxeles
Pantalla, relación de aspecto	4:3
Orientación automática	Sí
Pantalla táctil	Sí, capacitiva
Ajuste de imagen (calibración de alineación)	Sí
Modos de presentación de imagen	
Imagen de infrarrojos	Sí
Imagen visual	Sí
MSX	Sí
Galería	Sí
Medición	
Rango de temperatura de objetos	-10 °C a +150 °C (14 a 302 °F)
Precisión	±2 °C (±3,6 °F) o 2%, el que sea mayor, a 25 °C (77 °F) nominales.
Análisis de la medición	
Puntero de medida	Encendido/Apagado
Corrección de emisividad	Sí; mate/semimate/semibrillante + valor personalizado
Corrección de mediciones	<ul style="list-style-type: none"> Emisividad Temperatura aparente reflejada

Configuración	
Paletas de color	<ul style="list-style-type: none"> • Hierro • Arcoíris • Arcoíris alto contraste • Gris
Comandos de configuración	Adaptación local de formatos de unidades, idioma, fecha y hora
Idiomas	Alemán, árabe, coreano, checo, chino simpl., chino trad., danés, español, finés, francés, griego, húngaro, inglés, italiano, japonés, neerlandés, noruego, polaco, portugués, ruso, sueco, turco.
Lámpara	
Potencia de salida	0,85 W
Campo de visión (FOV)	60°
Funciones de servicio	
Actualización del software de la cámara	Uso de FLIR Tools
Almacenamiento de imágenes	
Soporte de almacenamiento	La memoria interna tiene capacidad para al menos 500 conjuntos de imágenes
Formato de archivo de imagen	<ul style="list-style-type: none"> • JPEG estándar • Datos de medición de 14 bit incluidos
Transmisión de vídeo	
Transmisión de vídeo IR no radiométrico	Sí
Transmisión de vídeo visual	Sí
Cámara digital	
Cámara digital	640 × 480 píxeles
Cámara digital, enfoque	Enfoque fijo
Interfaces de comunicación de datos	
USB, tipo de conector	USB Micro-B: transferencia bidireccional de datos con PC
USB, estándar	USB 2.0
Modalidad de alimentación	
Mediante batería	Batería recargable de polímero de ión litio
Voltaje de la batería	3,7 V
Autonomía de la batería	2 h
Sistema de carga	Carga en el interior de la cámara
Tiempo de carga	1,5 h
Funcionamiento con alimentación externa	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptador de CA, 90–260 V CA de entrada • 5 V de salida a la cámara
Gestión de energía	Apagado automático
Información ambiental	
Rango de temperatura de funcionamiento	–10 °C a +50 °C (14 a 122 °F)
Rango de temperatura de almacenamiento	–40 °C a +70 °C (–40 °F a 158 °F)
Humedad (funcionamiento y almacenamiento)	IEC 60068-2-30/24 h 95% de humedad relativa +25 °C a +40 °C (+77 °F a +104 °F) / 2 ciclos
Humedad relativa	Humedad relativa del 95%, +25 °C a +40 °C (+77 °F a +104 °F) sin condensación

Información ambiental	
EMC	<ul style="list-style-type: none"> • WEEE 2012/19/EC • RoHS 2011/65/EC • C-Tick • EN 61000-6-3 • EN 61000-6-2 • FCC 47 CFR Part 15 Class B
Campos magnéticos	EN 61000-4-8
Certificaciones de la batería	UL 1642
Encapsulado	Carcasa de la cámara y lente: IP 40 (IEC 60529)
Impactos	25 g (IEC 60068-2-27)
Vibración	2 g (IEC 60068-2-6)
Datos físicos	
Peso (con batería)	0,13 kg (0,29 lb.)
Dimensiones (longitud × anchura × altura)	125 × 80 × 24 mm (4,9 × 3,1 × 0,94 pulg.)
Montaje en trípode	No
Material de la carcasa	<ul style="list-style-type: none"> • PC y ABS, con recubrimiento parcial de TPE • Aluminio
Color	Blanco y gris
Información de envío	
Embalaje, tipo	Caja de cartón
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara de infrarrojos • Correa • Fuente de alimentación/cargador con adaptadores para enchufes de la UE, Reino Unido, EE.UU., China y Australia • Guía de primeros pasos impresa • Memoria USB con documentación • Cable USB
Embalaje, peso	0,53 kg (1,17 lb.)
Embalaje, dimensiones	175 × 115 × 75 mm (6,9 × 4,5 × 3,0 pulg.)
EAN-13	4743254001961
UPC-12	845188010614
País de origen	Estonia

Camera with build-in IR lens f=1,54mm



CE Declaration of Conformity

This is to certify that the System listed below have been designed and manufactured to meet the requirements, as applicable, of the following EU-Directives and corresponding harmonising standards. The systems consequently meet the requirements for the CE-mark.

Directives:

Directive 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility

Standards:

**Information technology: EN 55022 Radio disturbance characteristics-
(AC:2011)**

**Information technology: EN 55024 Immunity characteristics-
(CISPR 24:2010)**

Additional standards:

**Emission: EN 61000-6-3; Electro magnetic Compatibility
Generic standards - Emission**

**Immunity: EN 61000-6-2; Electro magnetic Compatibility;
Generic standards - Immunity**

System: **FLIR C2-series**

FLIR Systems AB
Quality Assurance



Björn Svensson
Director

11.1 Carcasa de la cámara, cables y otros elementos

11.1.1 Líquidos

Utilice uno de los siguientes líquidos:

- Agua tibia
- Una solución detergente suave

11.1.2 Equipo

Un paño suave

11.1.3 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Impregne el paño con el líquido.
2. Estruje el paño para eliminar el exceso de líquido.
3. Limpie la pieza con el paño.



ATENCIÓN

No utilice disolventes ni líquidos similares en la cámara, los cables ni en ningún otro elemento. De lo contrario, podrían producirse daños.

11.2 Lente de infrarrojos

11.2.1 Líquidos

Utilice uno de los siguientes líquidos:

- Un líquido comercial para la limpieza de lentes con más del 30% de alcohol isopropílico.
- Alcohol etílico (C₂H₅OH) con 96% de concentración.

11.2.2 Equipo

Paño de algodón

11.2.3 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Impregne el paño de algodón con el líquido.
2. Estruje el paño de algodón para eliminar el exceso de líquido.
3. Limpie la lente una única vez y deseche el paño de algodón.



ADVERTENCIA

Asegúrese de leer todas las hojas de datos de materiales de seguridad (MSDS) y etiquetas de advertencia de los contenedores aplicables antes de utilizar un líquido. El líquido puede ser peligroso.



ATENCIÓN

- Tenga cuidado al limpiar la lente infrarroja. La lente tiene una delicada capa antirreflectante.
- No limpie la lente infrarroja en exceso. De lo contrario, podría dañar la capa antirreflectante.

12.1 Daños por agua y humedad

12.1.1 General

A menudo es posible detectar los daños por agua y humedad de una casa mediante una cámara de infrarrojos. En parte se debe a que la zona dañada tiene una capacidad diferente para conducir el calor y en parte porque tiene una capacidad diferente para almacenarlo, en comparación con el material que la rodea.



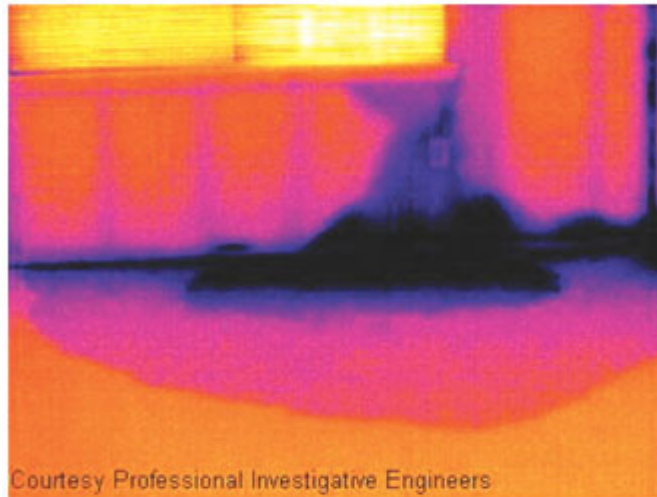
NOTA

Hay muchos factores que pueden influir en el modo en el que los daños por agua o humedad aparecerán en una imagen de infrarrojos.

Por ejemplo, el calentamiento y la refrigeración de estas partes se da a diferentes velocidades, dependiendo del material y de la hora del día. Por este motivo, es importante utilizar otros métodos adicionales para comprobar los daños por agua o humedad.

12.1.2 Figura

La imagen siguiente muestra graves daños por agua en un muro exterior en el que el agua ha penetrado por la cara exterior debido a un alféizar instalado de forma incorrecta.



12.2 Contacto defectuoso en el conector

12.2.1 General

Según el tipo de conexión que tenga un conector, un cable conectado de forma incorrecta puede provocar un aumento de la temperatura local. El aumento de la temperatura se debe a que la zona de contacto entre el cable de entrada y el punto de conexión del conector es reducida, y esto puede provocar un incendio eléctrico.



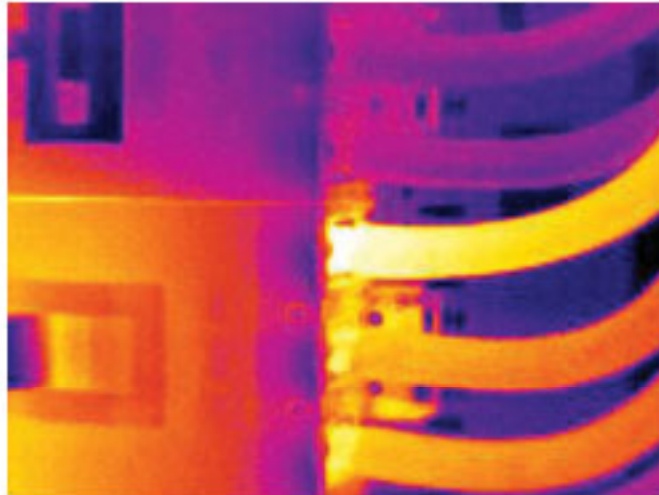
NOTA

La estructura de un conector puede ser totalmente distinta de un fabricante a otro. Por lo tanto, los distintos fallos de un conector pueden mostrar un aspecto similar en una imagen de infrarrojos.

Los aumentos de la temperatura local también pueden ser consecuencia de un contacto incorrecto entre el cable y el conector, o bien de una diferencia de carga.

12.2.2 Figura

La siguiente imagen muestra una conexión de un cable a un conector en la que un contacto incorrecto ha provocado un aumento de la temperatura local.



12.3 Conector oxidado

12.3.1 General

Dependiendo del tipo de conector y del entorno en el que esté instalado, es posible que se genere óxido en las superficies de contacto del conector. El óxido puede provocar un aumento de la resistencia local cuando el conector esté cargado, lo que puede observarse en una imagen de infrarrojos como un aumento de la temperatura local.



NOTA

La estructura de un conector puede ser totalmente distinta de un fabricante a otro. Por lo tanto, los distintos fallos de un conector pueden mostrar un aspecto similar en una imagen de infrarrojos.

Los aumentos de la temperatura local también pueden ser consecuencia de un contacto incorrecto entre el cable y el conector, o bien de una diferencia de carga.

12.3.2 Figura

La siguiente imagen muestra una serie de fusibles en la que uno de ellos tiene una temperatura elevada en las superficies de contacto con el hueco del fusible. Dado que el hueco del fusible es de metal no pintado, el aumento de temperatura no es visible en él, mientras que sí lo es en el material de cerámica del fusible.



12.4 Deficiencias de aislamiento

12.4.1 General

Las deficiencias de aislamiento pueden ser consecuencia de que el aislamiento pierda volumen con el transcurso del tiempo y ya no llene por completo el hueco del marco de una pared.

Una cámara de infrarrojos permite observar estas deficiencias de aislamiento porque tienen una capacidad diferente para conducir el calor que las secciones con un aislamiento instalado correctamente, o muestran la zona en la que el aire penetra en el edificio.

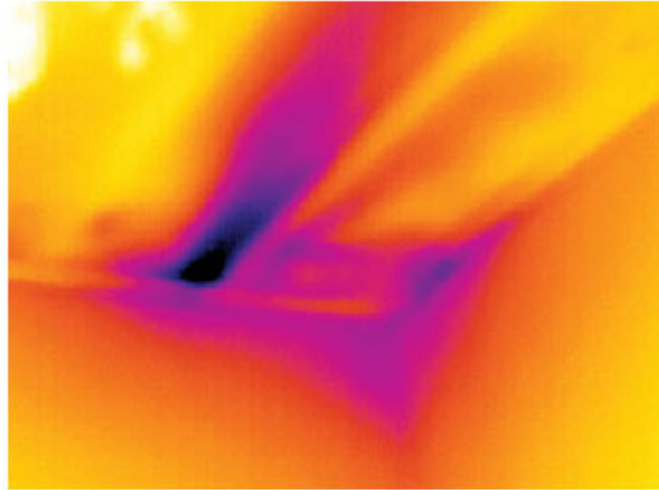


NOTA

Al inspeccionar un edificio, la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior debe ser de al menos 10 °C. Los tachonados, las tuberías de agua, las columnas de cemento y componentes similares pueden tener el aspecto de deficiencias de aislamiento en las imágenes de infrarrojos. También pueden producirse diferencias menores de forma natural.

12.4.2 Figura

En la siguiente imagen, falta aislamiento en la estructura del tejado. Debido al deficiente aislamiento, el aire ha forzado su entrada en la estructura del tejado, lo que proporciona un aspecto distinto y característico a la imagen de infrarrojos.



12.5 Corrientes de aire

12.5.1 General

Las corrientes de aire se detectan bajo los rodapiés, alrededor de los marcos de puertas y ventanas y sobre los techos. Normalmente es posible observar este tipo de corriente de aire con una cámara de infrarrojos, dado que un flujo de aire más frío enfría la superficie que lo rodea.



NOTA

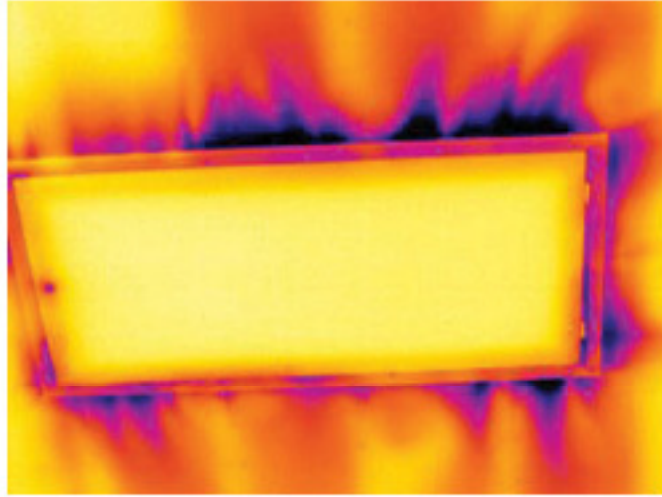
Al investigar las corrientes de aire de una casa, debe haber presión subatmosférica en ella. Cierre todas las puertas, ventanas y conductos de ventilación y deje funcionar el extractor de la cocina durante un tiempo antes de capturar las imágenes de infrarrojos.

Normalmente una imagen de infrarrojos de una corriente de aire muestra un patrón de corriente típico. En la siguiente imagen se observa claramente dicho patrón de flujo.

También debe tener en cuenta que las corrientes de aire pueden permanecer ocultas por el calor de los circuitos de calefacción de los suelos.

12.5.2 Figura

La imagen muestra una trampilla en un techo en el que una instalación incorrecta ha provocado una fuerte corriente de aire.



FLIR Systems se creó en 1978 con el objetivo de permanecer en la vanguardia del desarrollo de sistemas de imágenes de infrarrojos de alto rendimiento y ostenta el liderazgo mundial en el diseño, fabricación y promoción de sistemas de imágenes térmicas para una gran variedad de aplicaciones comerciales, industriales y gubernamentales. En la actualidad, FLIR Systems reúne la historia de cinco grandes empresas con logros insuperables en la tecnología de infrarrojos desde 1958: la sueca AGEMA Infrared Systems (antes AGA Infrared Systems), las tres empresas estadounidenses Indigo Systems, FSI e Inframetrics, y la francesa Cedip.

Desde 2007, FLIR Systems ha adquirido diferentes empresas con líderes del sector de tecnologías de detección:

- Extech Instruments (2007)
- Ifara Tecnologías (2008)
- Salvador Imaging (2009)
- OmniTech Partners (2009)
- Directed Perception (2009)
- Raymarine (2010)
- ICx Technologies (2010)
- TackTick Marine Digital Instruments (2011)
- Aerius Photonics (2011)
- Lorex Technology (2012)
- Traficon (2012)
- MARSS (2013)
- DigitalOptics sector de microóptica (2013)

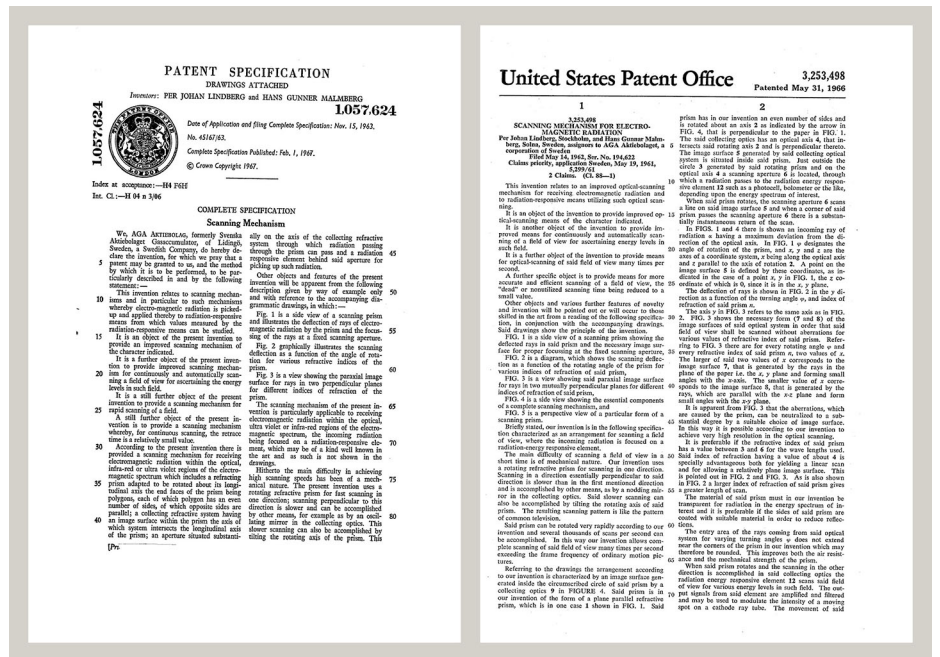


Figura 13.1 Documentos de patentes de principios de la década de 1960

La empresa ha vendido más de 350,000 cámaras de infrarrojos en todo el mundo para diversas aplicaciones, como mantenimiento predictivo, I+D, pruebas no destructivas, control y automatización de procesos y visión de máquinas, entre otras muchas.

FLIR Systems tiene tres plantas de producción en Estados Unidos (Portland, Oregón; Boston, Massachusetts y Santa Bárbara, California) y una en Suecia (Estocolmo). Desde 2007, también tenemos una planta de producción en Tallinn, Estonia. Las oficinas de venta directa en Alemania, Bélgica, Brasil, China, Corea, Estados Unidos, Francia, Gran

Bretaña, Hong Kong, Italia, Japón y Suecia, junto con una red mundial de agentes y distribuidores, proporcionan servicios a nuestro mercado de clientes internacionales.

FLIR Systems permanece a la vanguardia de la innovación en la industria de las cámaras de infrarrojos. Nos anticipamos a las exigencias del mercado mejorando constantemente las cámaras actuales y desarrollando nuevos modelos. La empresa ha establecido auténticos hitos en el diseño y desarrollo de los productos, como la introducción de la primera cámara portátil alimentada por batería para inspecciones industriales o la primera cámara de infrarrojos sin refrigeración, por mencionar únicamente algunas innovaciones.



Figura 13.2 IZQUIERDA: Thermovision modelo 661 de 1969. La cámara pesaba unos 25 kg, el osciloscopio 20 kg y el trípode 15 kg. El usuario también necesitaba un generador de 220 VCA y un recipiente de 10 litros con nitrógeno líquido. A la izquierda del osciloscopio se puede observar el accesorio Polaroid (6 kg). DERECHA: FLIR One, que se ha lanzado en enero de 2014, es un accesorio acoplable que permite a los iPhone tener funciones de imágenes térmicas. Peso: 90 g.

FLIR Systems fabrica todos los componentes vitales (tanto mecánicos como electrónicos) de las cámaras sin recurrir a recursos externos. Desde el diseño de los detectores y la fabricación de las lentes y los sistemas electrónicos, hasta las pruebas finales y la calibración, nuestros propios ingenieros llevan a cabo todos los pasos del proceso de producción. La inmensa experiencia de estos especialistas en infrarrojos garantiza la precisión y fiabilidad de todos los componentes vitales que se montan en la cámara de infrarrojos.

13.1 Mucho más que una cámara de infrarrojos

En FLIR Systems somos conscientes de que nuestro trabajo consiste en ir aún más lejos y producir los mejores sistemas de cámaras de infrarrojos. Nos hemos comprometido a lograr que todos los usuarios de nuestros sistemas de cámaras de infrarrojos trabajen de forma más productiva, proporcionándoles la combinación más potente de cámaras y software. El software a medida para el mantenimiento preventivo, I+D y la supervisión de procesos se desarrolla en nuestras propias instalaciones. La mayoría de los programas de software están disponibles en muchos idiomas.

Ofrecemos una gran variedad de accesorios para todas nuestras cámaras de infrarrojos, a fin de que pueda adaptar su equipo a las aplicaciones de infrarrojos más exigentes.

13.2 Conocimiento compartido

Aunque nuestras cámaras han sido diseñadas para que resulten muy sencillas de utilizar, la termografía es mucho más que simplemente saber cómo manejar una cámara. Por lo tanto, FLIR Systems ha fundado el centro de formación sobre infrarrojos (ITC, del inglés Infrared Training Center), una unidad de negocio independiente que proporciona cursos de formación certificados. La participación en uno de los cursos del ITC proporciona una experiencia de formación de primera mano.

La plantilla del ITC también está ahí para proporcionarle toda la asistencia que necesite para llevar a la práctica toda la teoría sobre los infrarrojos.

13.3 Asistencia para nuestros clientes

FLIR Systems gestiona una red mundial de servicios para que su cámara funcione en todo momento. Si detecta algún problema con la cámara, los centros de servicio locales tienen todo el equipo y el conocimiento necesario para resolverlo en el menor tiempo posible. No tendrá que enviar su cámara al otro extremo del mundo ni hablar con alguien que no entienda su idioma.

13.4 Algunas imágenes de nuestras instalaciones

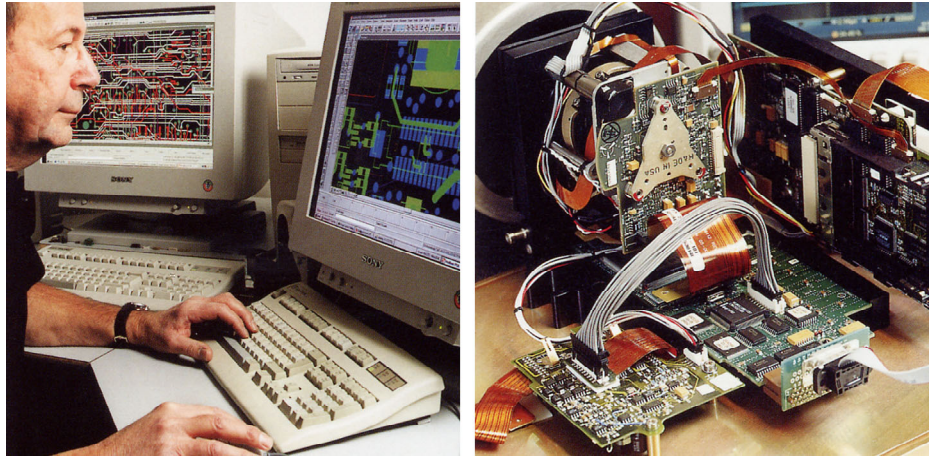


Figura 13.3 IZQUIERDA: desarrollo de sistemas electrónicos; DERECHA: pruebas de un detector de FPA



Figura 13.4 IZQUIERDA: máquina de procesamiento de diamantes; DERECHA: pulimentado de lentes

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 opera permanentemente para ajustar 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.
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". También existe un tercer color rojo de saturación que marca todo como saturado y que indica que el intervalo debe cambiarse.
conducción	Fenómeno que hace que el calor se propague por un material.
convección	La convección es un modo de transferencia de calor que consiste en un fluido en movimiento (a causa de la gravedad u otra fuerza), que transfiere el calor de un lugar a otro.
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.
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.
emisión espectral	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo, área y longitud de onda ($W/m^2/\mu m$).
emitancia	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 ($W/m^2/sr$).

entorno	Objetos y gases que emiten radiación hacia el objeto que se está midiendo.
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 Field of view (campo de visión). Ángulo horizontal visible a través de una lente de infrarrojos.
FPA	Siglas del inglés Focal plane array (matriz de plano focal). Es un tipo de detector de infrarrojos.
humedad relativa	La humedad relativa representa la relación entre la masa de agua actual en el aire y el máximo que puede contener en condiciones de saturación.
IFOV	Siglas del inglés Instantaneous field of view (campo de visión instantáneo). Medida de la resolución geométrica de una cámara de infrarrojos.
infrarrojo	Radiación invisible con una longitud de onda de entre 2 y 13 μm .
intervalo	Límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos intervalos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.
intervalo de temperaturas	Límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos intervalos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.
IR	infrarrojo
isoterma	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.
isoterma doble	Isoterma con dos bandas de color en lugar de una.
isoterma transparente	Isoterma que muestra una propagación lineal de colores en lugar de cubrir las partes resaltadas de la imagen.
Láser LocatIR	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 Noise equivalent temperature difference (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.
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 medición de un objeto y el objeto en sí (como la emisividad, la temperatura aparente reflejada, la distancia, etc.).
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.
píxel	Del inglés <i>picture element</i> (elemento de imagen). Se trata de un punto individual perteneciente a una imagen.

radiación	Fenómeno por el cual un objeto o un gas emite energía electromagnética.
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.
radiador de cuerpo negro	Equipo de radiación de infrarrojos con las propiedades de un cuerpo negro utilizado para calibrar las cámaras de infrarrojos.
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 de referencia	Temperatura con la que pueden compararse los valores medidos.
temperatura del color	Temperatura en la que el color de un cuerpo negro coincide con un color concreto.
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.
transmisión procesada	Valor de transmisión calculado a partir de la temperatura, la humedad relativa del aire y la distancia al objeto.
visual	Hace referencia al modo de vídeo de una cámara de infrarrojos por oposición al modo termográfico, que es el normal. Cuando una cámara se encuentra en el modo de vídeo, captura imágenes de vídeo normales, mientras que en el modo de infrarrojos se capturan imágenes termográficas.
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.
óptica externa	Lentes, filtros, escudos térmicos, etc. adicionales que se pueden colocar entre la cámara y el objeto que se está midiendo.

15.1 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
- La temperatura de la atmósfera

15.2 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.

15.2.1 Determinación de la emisividad de una muestra

15.2.1.1 Paso 1: determinación de la temperatura aparente reflejada

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

15.2.1.1.1 Método 1: método directo

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

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

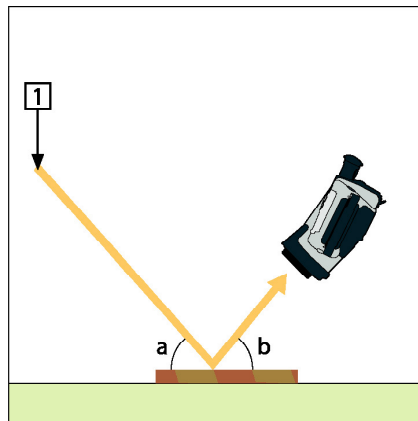


Figura 15.1 1 = origen de reflexión

2. Si el origen de la reflexión es un punto fijo, modifíquelo obstruyéndolo mediante un trozo de cartón.

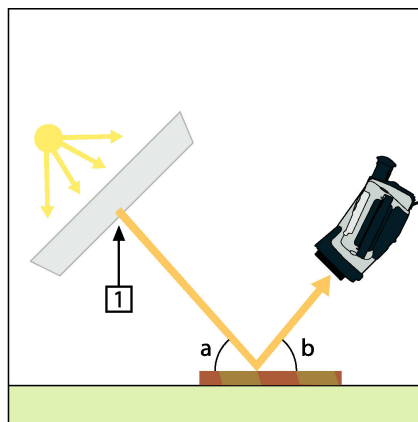


Figura 15.2 1 = origen de reflexión

3. 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:

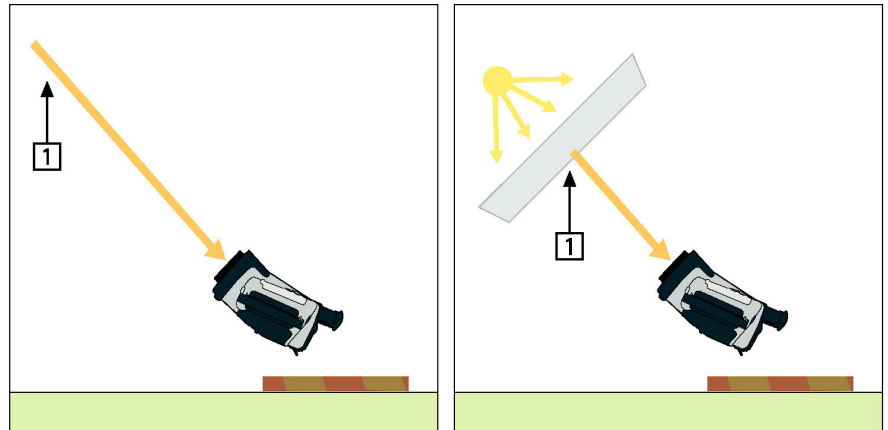


Figura 15.3 1 = origen de reflexión

NOTA
<p>No es recomendable utilizar un termopar para medir la temperatura aparente reflejada por dos motivos importantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.

15.2.1.1.2 Método 2: método de reflector

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Haga una bola con un gran trozo de papel de aluminio.
2. Deshaga 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 anótela.

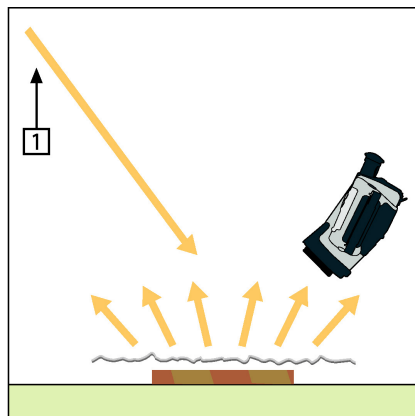



Figura 15.4 Medición de la temperatura aparente del papel de aluminio.

15.2.1.2 Paso 2: determinación de la emisividad

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

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 calentarla 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.
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:
 - *Isoterma* (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. Mueva 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.

 NOTA
<ul style="list-style-type: none"> • 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.

15.3 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.

15.4 Distancia

Por distancia entendemos la que existe entre el objeto y la lente frontal de la cámara. Este parámetro se utiliza para compensar los dos hechos siguientes:

- La radiación del objeto es absorbida por la atmósfera entre el objeto y la cámara.
- La radiación de la propia atmósfera es detectada por la cámara.

15.5 Humedad relativa

La cámara también puede compensar el hecho de que el índice de transmisión depende en parte de la humedad relativa de la atmósfera. Para ello, establezca el valor correcto de humedad relativa. Generalmente, para distancias cortas y humedad normal, la humedad relativa puede permanecer con el valor predeterminado del 50%.

15.6 Otros parámetros

Además, algunas cámaras y programas de análisis de FLIR Systems permiten compensar los parámetros siguientes.

- Temperatura atmosférica, *es decir*, la temperatura de la atmósfera entre la cámara y el objeto.

- Temperatura de la óptica externa, *es decir*, la temperatura de las lentes o ventanas externas utilizadas delante de la cámara.
- Transmitancia de la óptica externa, *es decir*, la transmisión de las lentes o ventanas externas utilizadas delante de la cámara.

Antes del año 1800, 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 16.1 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 proporcionara 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.



Figura 16.2 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.

El 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.



Figura 16.3 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 $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los modelos posteriores podían hacerlo hasta $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$.) 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 16.4 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 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) 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 y una persona a una distancia de más de 300 metros.

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 detector 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.

17.1 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.

17.2 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.

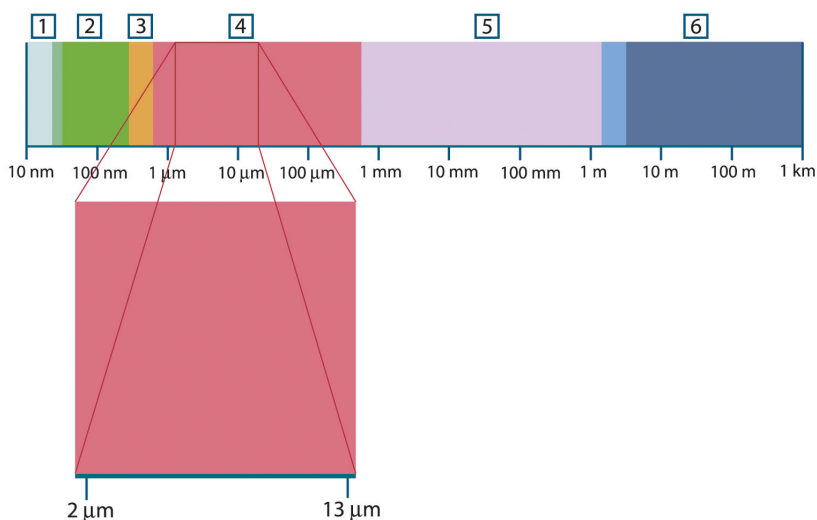


Figura 17.1 El espectro electromagnético. 1: rayos X. 2: UV. 3: visible. 4: IR. 5: microondas. 6: ondas de radio.

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.

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, *por ejemplo*, el nanómetro (nm) y el ángstrom (Å).

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

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

17.3 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.

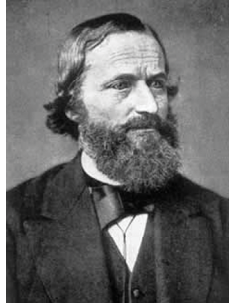


Figura 17.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

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, 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.

17.3.1 Ley de Planck



Figura 17.3 Max Planck (1858–1947)

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

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

donde:

$W_{\lambda b}$	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).



NOTA

Se utiliza el factor 10^{-6} , dado que la emitancia espectral de las curvas se expresa en $\text{W}/\text{m}^2, \mu\text{m}$.

Al plasmarla en gráficos para diversas temperaturas, la fórmula de Planck produce una familia de curvas. Siguiendo cualquier curva concreta de Planck, la emitancia espectral es cero cuando $\lambda = 0$; posteriormente aumenta rápidamente hasta un máximo cuando la longitud de onda es λ_{max} y, 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.

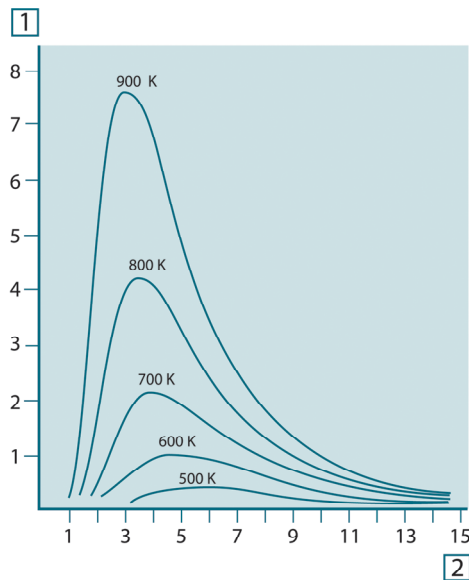


Figura 17.4 Emitancia radiante espectral de un cuerpo negro de acuerdo con la ley de Planck en forma de gráfico para varias temperaturas absolutas. 1: emitancia radiante espectral ($\text{W}/\text{cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$); 2: longitud de onda (μm)

17.3.2 Ley de desplazamiento de Wien

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

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

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 emitancia radiante espectral dentro del espectro ultravioleta invisible, a una longitud de onda de $0,27 \mu\text{m}$.

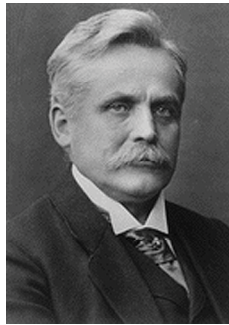


Figura 17.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

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 emitancia 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 emitancia de radiación se produce a $38 \mu\text{m}$, en las longitudes de onda del infrarrojo extremo.

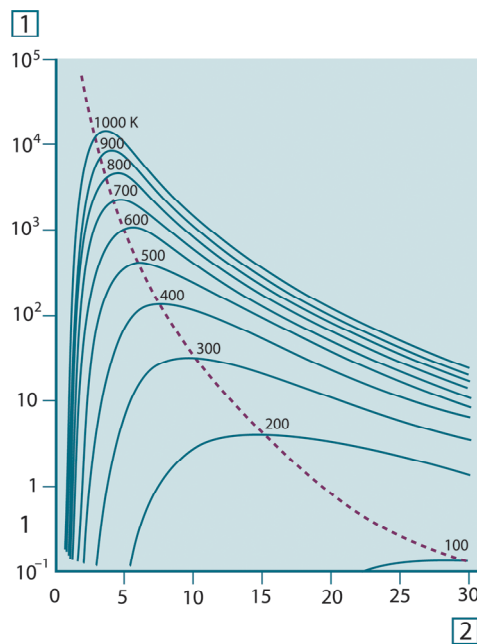


Figura 17.6 Curvas de Planck trazadas sobre escalas marcadas desde 100 K a 1.000 K. La línea de puntos representa el lugar de máxima emitancia radiante para cada temperatura, según lo descrito por la ley de desplazamiento de Wien. 1: emitancia radiante espectral ($\text{W}/\text{cm}^2 (\mu\text{m})$); 2: longitud de onda (μm).

17.3.3 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:

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

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 17.7 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 m², 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 varíen de forma muy drástica de la temperatura del cuerpo humano o, por supuesto, por la adición de ropa.

17.3.4 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 μm y, superados los 3 μm , 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:

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

Existe otro factor, llamado emisividad, que es necesario para describir la fracción ε de la emitancia 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 emitancia espectral del objeto con respecto a la de un cuerpo negro puede expresarse como:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

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

- Un cuerpo negro, en el que $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Un cuerpo gris, en el que $\varepsilon_\lambda = \varepsilon =$ 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 absorbancia espectral de un cuerpo son iguales a cualquier temperatura y longitud de onda especificadas. Esto es:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

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

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

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:

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

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.

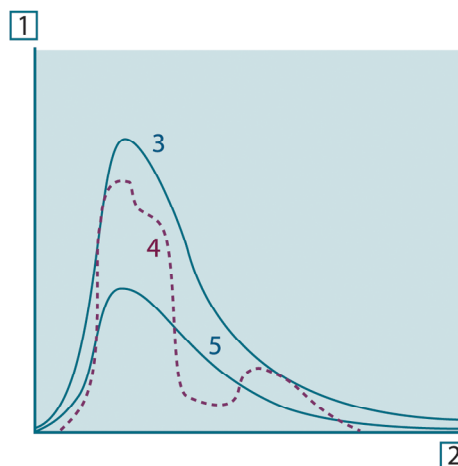


Figura 17.8 Emitancia radiante espectral de tres tipos de radiadores. 1: emitancia radiante espectral; 2: longitud de onda; 3: cuerpo negro; 4: radiador selectivo; 5: cuerpo gris.

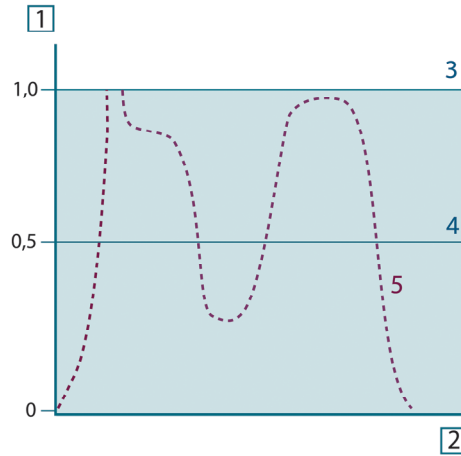


Figura 17.9 Emisividad espectral de tres tipos de radiadores. 1: emisividad espectral; 2: longitud de onda; 3: cuerpo negro; 4: cuerpo gris; 5: radiador selectivo.

17.4 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:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

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

$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

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

Como ya hemos mencionado, al visualizar un objeto la cámara no sólo recibe radiación del propio objeto. También recibe radiación del entorno, ya que ésta se refleja en la superficie del objeto. Ambas se ven atenuadas en cierta medida por la atmósfera que se encuentra en la ruta de medición. Debido a ello, se puede considerar que de la propia atmósfera proviene una tercera radiación.

Esta descripción de la situación de medición, tal y como se muestra en la imagen siguiente, es bastante fiel de las condiciones reales. Los elementos omitidos podrían ser por ejemplo rayos de luz solar distribuidos en la atmósfera o radiación perdida procedente de alguna intensa fuente de radiación situada fuera del campo visual. Las interferencias de este tipo son difíciles de cuantificar aunque, afortunadamente, en la mayor parte de los casos son lo bastante pequeñas para que puedan omitirse. En caso de que sea imposible omitirlas, la configuración de las mediciones hará que el riesgo de interferencias sea obvio, al menos para un usuario experimentado. En ese caso es responsabilidad del usuario modificar la situación de las mediciones para evitar interferencias, por ejemplo cambiando la dirección de visualización, bloqueando las fuentes de radiación intensas, etc.

Si aceptamos la descripción anterior, podemos utilizar la figura siguiente para extrapolar una fórmula que nos permita calcular la temperatura del objeto a partir de los resultados obtenidos con una cámara calibrada.

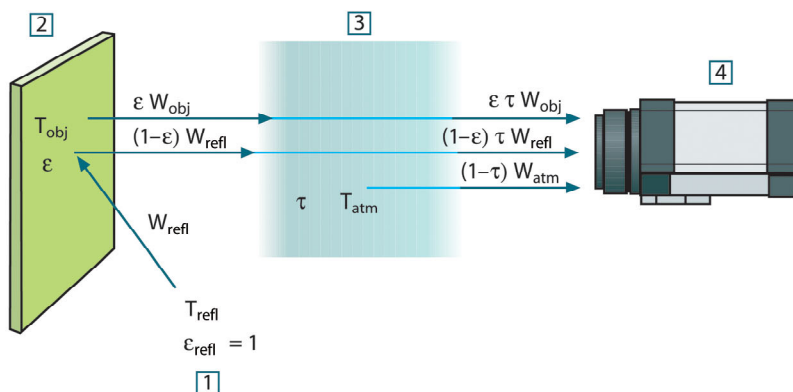


Figura 18.1 Representación esquemática de la situación de medición termográfica. 1: Entorno; 2: Objeto; 3: Atmósfera; 4: Cámara

Asumiendo que la energía de radiación recibida W de una fuente de temperatura de cuerpo negro T_{source} en una distancia corta genere una señal de salida de la cámara U_{source} proporcional a la potencia de entrada (cámara de potencia lineal), podemos formular la ecuación 1:

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

O bien, de forma simplificada:

$$U_{source} = CW_{source}$$

(Donde C es una constante.)

Si la fuente es un cuerpo gris con una emisividad ϵ , la radiación recibida sería ϵW_{source} .

Ahora estamos listos para escribir los tres términos de potencia de radiación definidos:

1. *Emisión del objeto* = $\epsilon \tau W_{obj}$, donde ϵ es la emisividad del objeto y τ es la transmitancia de la atmósfera. La temperatura del objeto es T_{obj} .

2. *Emisión reflejada desde fuentes del entorno* = $(1 - \varepsilon)\tau W_{refl}$, donde $(1 - \varepsilon)$ es la reflectancia del objeto. La temperatura de las fuentes del entorno es T_{refl} .

Hemos asumido que la temperatura T_{refl} es la misma para todas las superficies emisoras dentro de una semiesfera vista desde un punto de la superficie del objeto. Por supuesto, en algunos casos esto puede ser una simplificación de la situación real. No obstante, es una simplificación necesaria para obtener una fórmula que funcione y además, a T_{refl} se le puede dar un valor (al menos en teoría) que represente una temperatura eficaz en un entorno complejo.

Téngase en cuenta también que hemos asumido que la emitancia del entorno = 1. Esto es correcto según la ley de Kirchhoff: toda radiación que incide en las superficies del entorno irá siendo absorbida por las propias superficies. Por lo tanto, la emitancia = 1. (Aún así, hay que tener en cuenta que la última afirmación requiere para cumplirse que se considere una esfera completa alrededor del objeto.)

3. *Emisión desde la atmósfera* = $(1 - \tau)\tau W_{atm}$, donde $(1 - \tau)$ es la emitancia de la atmósfera. La temperatura de la atmósfera es T_{atm} .

Ahora podemos escribir la potencia total de la radiación recibida (ecuación 2):

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau W_{refl} + (1 - \tau)W_{atm}$$

Si multiplicamos cada término por la constante C de la ecuación 1 y sustituimos los productos CW por sus correspondientes U según la misma ecuación, obtenemos (ecuación 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau U_{refl} + (1 - \tau)U_{atm}$$

Al resolver la ecuación 3 para obtener U_{obj} , obtenemos (ecuación 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau}U_{tot} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon}U_{refl} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon\tau}U_{atm}$$

Se trata de la fórmula de medición general utilizada en todos los equipos de termografía de FLIR Systems. Los voltajes de la fórmula son:

Tabla 18.1 Voltajes

U_{obj}	Voltaje de salida de la cámara calculado para un cuerpo negro de temperatura T_{obj} . Es decir, un voltaje que pueda convertirse directamente en la temperatura de objeto solicitada en realidad.
U_{tot}	Voltaje de salida de la cámara medido en el caso real.
U_{refl}	Voltaje de salida teórico de la cámara para un cuerpo negro de temperatura T_{refl} según la calibración.
U_{atm}	Voltaje de salida teórico de la cámara para un cuerpo negro de temperatura T_{atm} según la calibración.

El usuario debe proporcionar algunos valores de parámetros para los cálculos:

- la emitancia del objeto ε
- la humedad relativa
- T_{atm}
- la distancia al objeto (D_{obj})
- la temperatura (real) del entorno del objeto o bien la temperatura ambiente reflejada T_{refl}
- la temperatura atmosférica T_{atm}

Esta tarea puede suponer en ocasiones una pesada responsabilidad para el usuario, dado que normalmente no hay maneras fáciles de obtener valores fiables de emitancia del objeto o transmitancia atmosférica para cada caso. Las dos temperaturas suelen ser un problema menor, siempre y cuando en el entorno no se encuentre ninguna fuente de radiación grande e intensa.

Una pregunta natural es la siguiente: ¿qué importancia tiene exactamente conocer los valores reales de estos parámetros? Puede ser interesante obtener una idea de este problema observando diferentes casos de mediciones y comparando las magnitudes relativas de los tres términos de radiación. Esto puede ayudar a saber cuándo es importante utilizar los valores correctos de determinados parámetros.

Las siguientes figuras ilustran las magnitudes relativas de las tres contribuciones a la radiación de tres temperaturas de objetos diferentes, dos emitancias y dos intervalos espectrales: OC y OL. Los demás parámetros tienen los siguientes valores fijos:

- $\tau = 0,88$
- $T_{\text{refl}} = +20\text{ °C}$
- $T_{\text{atm}} = +20\text{ °C}$

Obviamente, la medición de temperaturas de objetos bajas es más crítica que la de temperaturas altas, dado que las fuentes de radiación que interfieren son mucho más fuertes en comparación en el primer caso. Si la emitancia del objeto también es baja, la situación es aún más difícil.

Por último, tenemos que contestar una pregunta acerca de la importancia de la posibilidad de usar la curva de calibración por encima del punto de calibración más alto. Este proceso se llama extrapolación. Imaginemos que en un caso concreto la medida $U_{\text{tot}} = 4,5$ voltios. El punto de calibración más alto de la cámara está próximo a los 4,1 voltios, un valor desconocido para el usuario. En ese caso, aunque el objeto sea un cuerpo negro, es decir $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$, estamos realizando una extrapolación de la curva de calibración al convertir los 4,5 voltios en temperatura.

Ahora supongamos que el objeto no es un cuerpo negro, sino que tiene una emitancia de 0,75 y una transmitancia de 0,92. También supondremos que los dos segundos términos de la ecuación 4 suman 0,5 voltios juntos. El cálculo de U_{obj} mediante la ecuación 4 da como resultado $U_{\text{obj}} = 4,5 / 0,75 / 0,92 - 0,5 = 6,0$. Esta extrapolación es bastante extrema, especialmente si tenemos en cuenta que el amplificador de vídeo limitará la salida a 5 voltios. Tenga en cuenta, no obstante, que la aplicación de la curva de calibración es un procedimiento teórico en el que no existe ninguna limitación electrónica ni de ningún otro tipo. Confiamos en que, si no ha habido señales de limitación en la cámara y no ha sido calibrada muy por encima de los 5 voltios, la curva resultante será muy similar a nuestra curva real extrapolada más allá de 4,1 voltios, siempre que el algoritmo de calibración esté basado en la física de las radiaciones, como el algoritmo de FLIR Systems. Por supuesto, debe haber un límite para tales extrapolaciones.

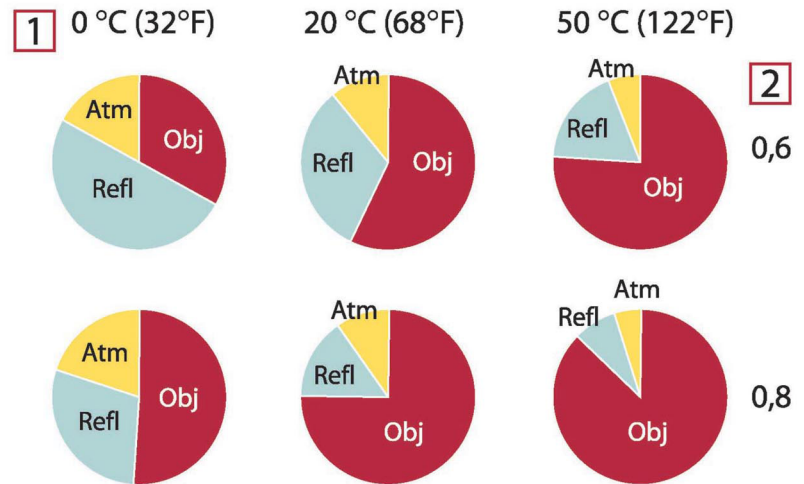


Figura 18.2 Magnitudes relativas de fuentes de radiación en diferentes condiciones de medición (cámara de OC). 1: Temperatura del objeto; 2: Emitancia; Obj: Radiación del objeto; Refl: Radiación reflejada; Atm: Radiación de la atmósfera. Parámetros fijos: $\tau = 0,88$; $T_{refl} = 20\text{ °C}$; $T_{atm} = 20\text{ °C}$.

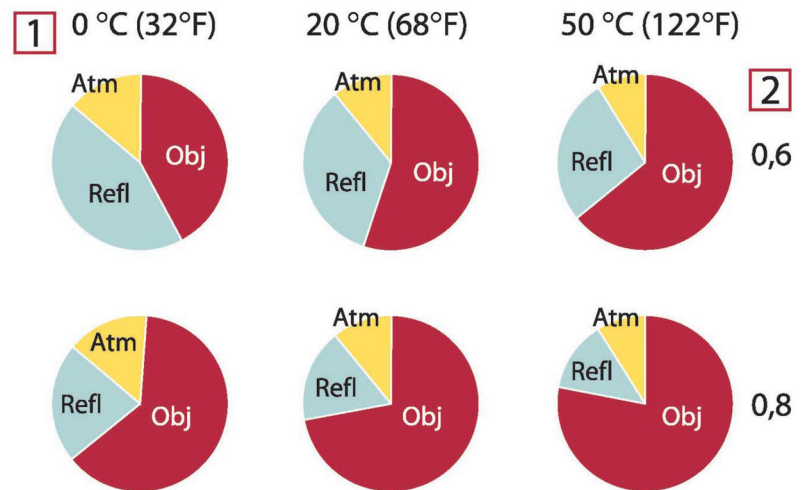



Figura 18.3 Magnitudes relativas de fuentes de radiación en diferentes condiciones de medición (cámara de OL). 1: Temperatura del objeto; 2: Emitancia; Obj: Radiación del objeto; Refl: Radiación reflejada; Atm: Radiación de la atmósfera. Parámetros fijos: $\tau = 0,88$; $T_{refl} = 20\text{ °C}$; $T_{atm} = 20\text{ °C}$.

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. Mikael A. Bramson: *Infrared Radiation, A Handbook for Applications*, Plenum press, Nueva York
2. William L. Wolfe, George J. Zissis: *The Infrared Handbook*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3. Madding, R. P.: *Thermographic Instruments and systems*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin – Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4. William L. Wolfe: *Handbook of Military Infrared Technology*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5. Jones, Smith, Probert: *External thermography of buildings...*, Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, Junio de 1977, Londres.
6. Paljak, Pettersson: *Thermography of Buildings*, Swedish Building Research Institute, Estocolmo, 1972.
7. Vlcek, J: *Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5 \mu\text{m}$* . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8. Kern: *Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites*, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9. Öhman, Claes: *Emittansmätningar med AGEMA E-Box*. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10. Mattei, S., Tang-Kwor, E: *Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between -36°C AND 82°C* .
11. Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12. ITC Technical publication 32.
13. ITC Technical publication 29.

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

19.2 Tablas

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2–5 μm ; OL: 8–14 μm , OML: 6.5–20 μm ; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en $^{\circ}\text{C}$; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia

1	2	3	4	5	6
3M 35	Cinta aislante de vinilo (varios colores)	< 80	OL	$\approx 0,96$	13
3M 88	Cinta aislante de vinilo negro	< 105	OL	$\approx 0,96$	13
3M 88	Cinta aislante de vinilo negro	< 105	MW	< 0,96	13
3M Super 33+	Cinta aislante de vinilo negro	< 80	OL	$\approx 0,96$	13
Aceite de lubricación	película de 0,025 mm	20	T	0,27	2
Aceite de lubricación	película de 0,050 mm	20	T	0,46	2
Aceite de lubricación	película de 0,125 mm	20	T	0,72	2
Aceite de lubricación	película sobre base de Ni: sólo base de Ni	20	T	0,05	2

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2–5 μm ; OL: 8–14 μm , OML: 6.5–20 μm ; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en $^{\circ}\text{C}$; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
Aceite 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 $^{\circ}\text{C}$	60	T	0,85	2
Aglomerado	sin tratar	20	OC	0,90	6
Agua	crisales 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
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	10 μm	0,18	3
Aluminio	desbastado	27	3 μm	0,28	3
Aluminio	fundido y muy limpio	70	OC	0,47	9
Aluminio	fundido y muy limpio	70	OL	0,46	9

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
Aluminio	hoja (4 muestras con diferentes patrones de estriado)	70	OC	0,05-0,08	9
Aluminio	hoja (4 muestras con diferentes patrones de estriado)	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	10 µm	0,04	3
Aluminio	lámina	27	3 µm	0,09	3
Aluminio	muy meteorizado	17	OC	0,83-0,94	5
Aluminio	plancha pulida	100	T	0,05	4
Aluminio	plancha sin modificar	100	T	0,09	4
Aluminio	plancha sumergida en HNO ₃	100	T	0,05	4
Aluminio	pulida	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	pulida	50	T	0,1	1
Bronce al aluminio		20	T	0,60	1
Carbón	grafito, superficie limada	20	T	0,98	2

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

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	rugosa	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	pulida	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, cuidadosamente pulido	80	T	0,018	1
Cobre	electrolítico, pulido	-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 hasta el negro		T	0,88	1
Cobre	oxidado, negro	27	T	0,78	4
Cobre	pulida	50-100	T	0,02	1
Cobre	pulida	100	T	0,03	2
Cobre	pulido mecánicamente	22	T	0,015	4
Cobre	pulido, comercial	27	T	0,03	4
Cobre	puro, superficie cuidadosamente preparada	22	T	0,008	4
Cromo	pulida	50	T	0,10	1
Cromo	pulida	500-1000	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 tabicar, 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

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
Escorias	caldera	1400-1800	T	0,69-0,67	1
Escorias	caldera	200-500	T	0,89-0,78	1
Escorias	caldera	600-1200	T	0,76-0,70	1
Esmalte		20	T	0,9	1
Esmalte	laca	20	T	0,85-0,95	1
Esmeril	en bruto	80	T	0,85	1
Espuma de estireno	aislamiento	37	OC	0,60	7
Estaño	bruñido	20-50	T	0,04-0,06	1
Estaño	hoja de hierro estañado	100	T	0,07	2
Estuco	rugoso, barro	10-90	T	0,91	1
Goma	dura	20	T	0,95	1
Goma	suave, gris, rugosa	20	T	0,95	1
Granito	pulida	20	OML	0,849	8
Granito	rugosa	21	OML	0,879	8
Granito	rugoso, 4 muestras distintas	70	OC	0,95-0,97	9
Granito	rugoso, 4 muestras distintas	70	OL	0,77-0,87	9
Hidróxido de aluminio	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	1000	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	100	T	0,64	2
Hierro fundido	oxidado	260	T	0,66	4
Hierro fundido	oxidado	38	T	0,63	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	pulida	200	T	0,21	1
Hierro fundido	pulida	38	T	0,21	4
Hierro fundido	pulida	40	T	0,21	2
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

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
Hierro galvanizado	muy oxidado	70	OL	0,85	9
Hierro y acero	brillante, atacado al ácido	150	T	0,16	1
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	100	T	0,05	4
Hierro y acero	electrolítico	22	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	130	T	0,60	1
Hierro y acero	enrollado en caliente	20	T	0,77	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 recientemente	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
Hierro y acero	hoja pulida	750-1.050	T	0,52-0,56	1
Hierro y acero	oxidado	100	T	0,74	4
Hierro y acero	oxidado	100	T	0,74	1
Hierro y acero	oxidado	1227	T	0,89	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	pulida	100	T	0,07	2
Hierro y acero	pulida	400-1000	T	0,14-0,38	1

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2–5 µm; OL: 8–14 µm, OML: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
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
Krylon Ultra-flat black 1602	Negro mate	Temperatura ambiente hasta 175	OL	≈ 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Negro mate	Temperatura ambiente hasta 175	MW	≈ 0,97	12
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	100	T	0,92	2
Laca	blanco	40-100	T	0,8-0,95	1
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
Ladrillo	arcilla refractaria	1000	T	0,75	1
Ladrillo	arcilla refractaria	1200	T	0,59	1
Ladrillo	arcilla refractaria	20	T	0,85	1
Ladrillo	común	17	OC	0,86-0,81	5
Ladrillo	Gres muy silicioso, con brillo, rugoso	1100	T	0,85	1
Ladrillo	Gres muy silicioso, refractario	1000	T	0,66	1
Ladrillo	Gres muy silicioso, sin brillo, rugoso	1000	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 emplastada	20	T	0,94	1
Ladrillo	refractario, corindón	1000	T	0,46	1
Ladrillo	refractario, fuertemente radiante	500–1.000	T	0,8-0,9	1
Ladrillo	refractario, magnesita	1.000–1.300	T	0,38	1

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
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	silimanita: 33% SiO ₂ , 64% Al ₂ O ₃	1.500	T	0,29	1
Ladrillo	sílice, 95% SiO ₂	1230	T	0,66	1
Latón	bastante pulido	100	T	0,03	2
Latón	frotado con esmeril de grano 80	20	T	0,20	2
Latón	hoja enrollada	20	T	0,06	1
Latón	hoja tratada con esmeril	20	T	0,2	1
Latón	oxidado	100	T	0,61	2
Latón	oxidado	70	OC	0,04-0,09	9
Latón	oxidado	70	OL	0,03-0,07	9
Latón	oxidado a 600°C	200-600	T	0,59-0,61	1
Latón	pulida	200	T	0,03	1
Latón	sin brillo, decolorado	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	pulida	20	T	0,07	2
Molibdeno		1.500-2.200	T	0,19-0,26	1
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
Nextel Velvet 811-21 Black	Negro mate	-60-150	OL	> 0,97	10 y 11

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 μm; OL: 8-14 μm, OML: 6.5-20 μm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
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					
Níquel	alambre	200-1000	T	0,1-0,2	1
Níquel	comercialmente puro, pulido	100	T	0,045	1
Níquel	comercialmente puro, pulido	200-400	T	0,07-0,09	1
Níquel	electrochapado en hierro, pulido	22	T	0,045	4
Níquel	electrochapado en hierro, sin pulir	20	T	0,11-0,40	1
Níquel	electrochapado en hierro, sin pulir	22	T	0,11	4
Níquel	electrochapado, pulido	20	T	0,05	2
Níquel	electrolítico	22	T	0,04	4
Níquel	electrolítico	260	T	0,07	4
Níquel	electrolítico	38	T	0,06	4
Níquel	electrolítico	538	T	0,10	4
Níquel	mate decapado	122	T	0,041	4
Níquel	oxidado	1227	T	0,85	4
Níquel	oxidado	200	T	0,37	2
Níquel	oxidado	227	T	0,37	4
Níquel	oxidado a 600°C	200-600	T	0,37-0,48	1
Níquel	pulida	122	T	0,045	4
Oro	bastante pulido	100	T	0,02	2
Oro	pulida	130	T	0,018	1
Oro	pulido, con cuidado	200-600	T	0,02-0,03	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

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
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	recubierto de laca negra		T	0,93	1
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	plástica, blanca	20	OC	0,84	6
Pintura	plástica, negra	20	OC	0,95	6
Pintura	verde cromo		T	0,65-0,70	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, negra	20	OC	0,94	6
Pintura	óleo, negra brillante	20	OC	0,92	6
Pintura	óleo, varios colores	100	T	0,92-0,96	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
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
Plata	pulida	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		100	T	0,05	4
Platino		1094	T	0,18	4

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2-5 µm; OL: 8-14 µm, OML: 6.5-20 µm; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en °C; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
Platino		17	T	0,016	4
Platino		22	T	0,03	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	500-1000	T	0,10-0,16	1
Platino	cinta	900-1.100	T	0,12-0,17	1
Platino	puro, pulido	200-600	T	0,05-0,10	1
Plomo	brillante	250	T	0,08	1
Plomo	oxidado a 200°C	200	T	0,63	1
Plomo	oxidado, gris	20	T	0,28	1
Plomo	oxidado, gris	22	T	0,28	4
Plomo	sin oxidar, pulido	100	T	0,05	4
Plomo rojo		100	T	0,93	4
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	OL	0,55	9
Plástico	placa de aislamiento de poliuretano	70	OC	0,29	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
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	vidriada	20	T	0,92	1
Teja	vidriada	17	OC	0,94	5
Tela	negro	20	T	0,98	1
Tierra	saturada con agua	20	T	0,95	2
Tierra	seco	20	T	0,92	2
Titanio	oxidado a 540°C	1000	T	0,60	1
Titanio	oxidado a 540°C	200	T	0,40	1
Titanio	oxidado a 540°C	500	T	0,50	1

Tabla 19.1 T: Espectro total; OC: 2–5 μm ; OL: 8–14 μm , OML: 6.5–20 μm ; 1: Material; 2: Especificación; 3: Temperatura en $^{\circ}\text{C}$; 4: Espectro; 5: Emisividad; 6: Referencia (continuación)

1	2	3	4	5	6
Titanio	pulida	1000	T	0,36	1
Titanio	pulida	200	T	0,15	1
Titanio	pulida	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	3300	T	0,39	1
Yeso		20	T	0,8-0,9	1
Óxido de aluminio	polvo activado		T	0,46	1
Óxido de aluminio	polvo puro (alúmina)		T	0,16	1
Óxido de cobre	rojo, polvo		T	0,70	1
Óxido de níquel		1000-1250	T	0,75-0,86	1
Óxido de níquel		500-650	T	0,52-0,59	1

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML — the eXtensible Markup Language. For more information about XML, please visit <http://www.w3.org/XML/>

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Linotype Helvetica™ World. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980)

LOEF (List Of Effective Files)

T501109.xml; es-ES; AE; 24569; 2015-04-08
T505552.xml; es-ES; 9599; 2013-11-05
T505551.xml; es-ES; 22782; 2015-01-27
T505469.xml; es-ES; 23215; 2015-02-19
T505013.xml; es-ES; 9229; 2013-10-03
T505799.xml; es-ES; ; 23545; 2015-02-27
T505800.xml; es-ES; ; 23541; 2015-02-26
T505801.xml; es-ES; ; 23545; 2015-02-27
T505816.xml; es-ES; AA; 23430; 2015-02-25
T505470.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505012.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505007.xml; es-ES; 21877; 2014-12-08
T505004.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505000.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505005.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505001.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505006.xml; es-ES; 12154; 2014-03-06
T505002.xml; es-ES; 18260; 2014-10-06



Corporate Headquarters

FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
Telephone: +1-503-498-3547

Website

<http://www.flir.com>

Customer support

<http://support.flir.com>

Copyright

© 2015, FLIR Systems, Inc. All rights reserved worldwide.

Disclaimer

Specifications subject to change without further notice. Models and accessories subject to regional market considerations. License procedures may apply. Products described herein may be subject to US Export Regulations. Please refer to exportquestions@flir.com with any questions.

Publ. No.: T559918
Release: AE
Commit: 24569
Head: 24585
Language: es-ES
Modified: 2015-04-08
Formatted: 2015-04-08