

°C

150.2

Sp1

8.7

2269.5W

# EBOOK

INTRODUCCIÓN A LA TERMOGRAFÍA  
INFRARROJA



+52 8134 10 7040



[www.lerne.mx](http://www.lerne.mx)



American Welding Society  
EDUCATIONAL INSTITUTION MEMBER  
Lerne Cursos y Certificaciones  
ID: 40217238

# ¿Qué es la Termografía Infrarroja?

La termografía infrarroja (IR) es una técnica que comprende la medición de la temperatura y del flujo de calor con el objetivo de predecir o diagnosticar fallas, así como identificar discontinuidades en materiales y sistemas. Esta evaluación puede realizarse mediante el uso de dispositivos de contacto, de no contacto o mediante la combinación de ambos, dependiendo de las condiciones de inspección y del nivel de precisión requerido.

Para interpretar correctamente los resultados obtenidos mediante IR, es fundamental comprender los principios del flujo de calor y el comportamiento térmico de los materiales. Estos conceptos permiten dar significado a las variaciones de temperatura observadas en una muestra de prueba y relacionarlas con posibles anomalías o condiciones operativas.

La termografía infrarroja es un método de ensayo no destructivo (END), no invasivo y sin contacto, basado en el análisis de patrones térmicos en la superficie de los objetos. Su aplicación es ampliamente utilizada en el diagnóstico del comportamiento térmico, así como en la evaluación del desempeño de equipos y la integridad de materiales, productos y procesos.



Los mapeos térmicos generados por instrumentos de imagen infrarroja se conocen como termogramas. Estos representan la distribución de temperatura sobre la superficie de un objeto, permitiendo visualizar variaciones térmicas que, en muchos casos, no son perceptibles a simple vista.

Para interpretar correctamente un termograma, el termógrafo debe contar con un conocimiento sólido de los fundamentos de la temperatura y la transferencia de calor. Esto incluye comprender los mecanismos de conducción, convección y radiación, así como el comportamiento del flujo de calor en distintos materiales. Asimismo, es indispensable entender los principios de la radiación infrarroja y el desempeño de los equipos utilizados, ya que factores como la emisividad, la reflectancia, la distancia y las condiciones ambientales pueden influir significativamente en la medición y en la correcta interpretación de los resultados.

# Existen 3 mecanismos para la transferencia de calor a través de un medio.

**Existen tres mecanismos fundamentales para la transferencia de calor a través de un medio: conducción, convección y radiación.**

La conducción es la transferencia de energía térmica dentro de un mismo cuerpo o entre cuerpos en contacto, desde una región de mayor temperatura hacia otra de menor temperatura. Este mecanismo es predominante en los sólidos, aunque también puede presentarse en líquidos y gases. A nivel microscópico, ocurre como resultado de las vibraciones atómicas en los sólidos y de las colisiones moleculares en los fluidos.

En términos prácticos, la conducción depende de la conductividad térmica del material. Materiales como los metales (acero, aluminio, cobre) presentan alta conductividad, lo que permite una rápida transferencia de calor, mientras que materiales como plásticos, recubrimientos o aislantes térmicos presentan baja conductividad. En inspección termográfica, esto es clave, ya que la conducción puede “dispersar” el calor desde una fuente, modificando el patrón térmico observado en la superficie.

Por otro lado, la convección es la transferencia de calor que ocurre a través del movimiento de un fluido, como el aire o un líquido. A diferencia de la conducción, aquí el calor no solo se transfiere por interacción molecular, sino también por el desplazamiento físico del medio. La convección puede ser natural, cuando el movimiento del fluido es causado por diferencias de densidad debidas a cambios de temperatura, o forzada, cuando intervienen elementos externos como ventiladores, bombas o corrientes inducidas.

En aplicaciones reales, la convección juega un papel importante en la disipación de calor. Por ejemplo, en equipos eléctricos o mecánicos, el flujo de aire puede enfriar superficies, alterando las temperaturas medidas y, en algunos casos, enmascarando condiciones anómalas. Esto implica que el inspector debe considerar las condiciones ambientales y de operación al interpretar un termograma.

Tanto en conducción como en convección, el flujo de calor es directamente proporcional a la diferencia de temperatura. La velocidad a la cual esta energía es transferida —conocida como tasa de flujo de calor— depende de las propiedades térmicas del material o fluido, así como de las condiciones del entorno.

# Radiación

La radiación es un mecanismo de transferencia de calor que se propaga en forma de ondas electromagnéticas, a la velocidad de la luz. A diferencia de la conducción y la convección, no requiere un medio material para su transmisión, por lo que puede ocurrir incluso en el vacío, siendo este el medio más eficiente para este tipo de transferencia térmica.

Este fenómeno se basa en la emisión y absorción de energía electromagnética por parte de los cuerpos, de manera similar a la luz. Para que la transferencia sea efectiva, generalmente se requiere una línea de visión directa entre el emisor y el receptor.

La cantidad de energía térmica transferida por radiación es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del objeto, de acuerdo con la Ley de Stefan-Boltzmann. Esto implica que pequeños incrementos en la temperatura pueden generar aumentos significativos en la energía radiada.

$$P = \epsilon \sigma AT^4$$

Power (Watts)      Surface area of emitter (m<sup>2</sup>)      Absolute temperature (K)

Emissivity ( $\epsilon = 1$  for a perfect black body)

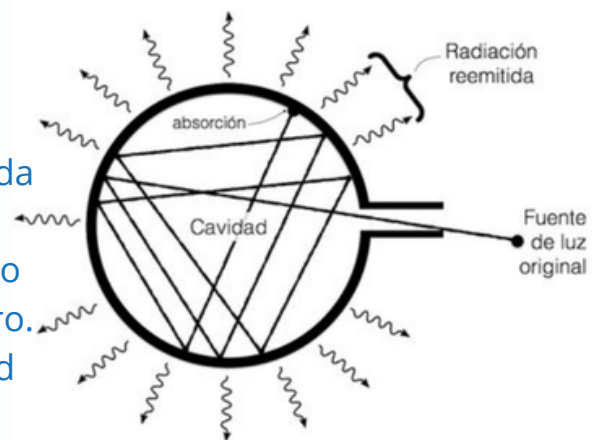
Stefan-Boltzmann constant  $5.67 \times 10^{-8}$  Watts/m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>

e.g.. ■ Back body (matt) 1.00    ■ Aluminium foil 0.04    ■ Concrete 0.85

En la práctica, la mayoría de los materiales reales se comportan como cuerpos grises. Estos se caracterizan por tener una emisividad ( $\epsilon$ ) con valores entre 0 y 1, donde  $\epsilon = 1$  corresponde a un cuerpo negro ideal. La emisividad es un parámetro fundamental, ya que determina la cantidad de energía térmica que un objeto es capaz de emitir por radiación.

## Pero, ¿qué es un cuerpo negro y qué es un cuerpo gris?

Un cuerpo negro es un modelo ideal en equilibrio termodinámico con su entorno que actúa como un absorbente perfecto de radiación. Esto significa que toda la energía incidente es absorbida, sin reflexión ni transmisión. Debido a esta propiedad, teóricamente no refleja luz, lo que explica por qué se percibe como negro. Históricamente, se ha representado como una cavidad con un pequeño orificio de entrada: la radiación que ingresa queda atrapada en su interior, siendo absorbida completamente.



# Cuerpo Negro y Gris

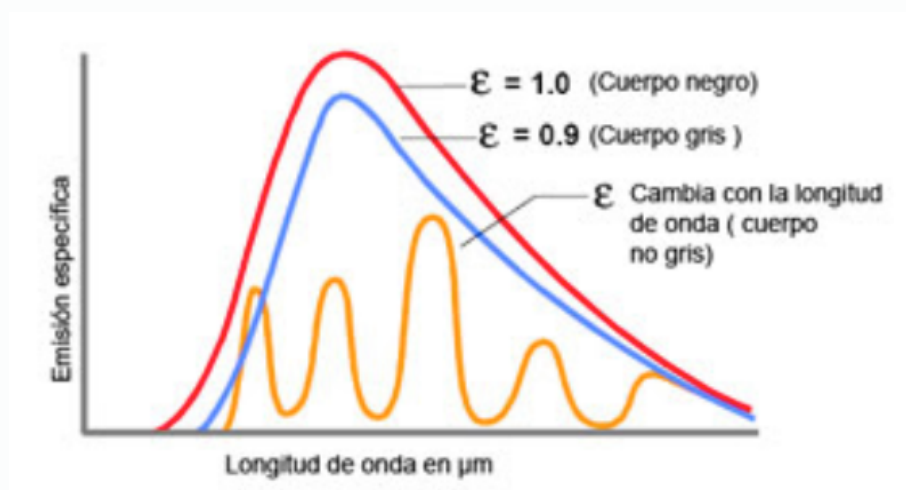
Por otro lado, un cuerpo gris es aquel cuya emisividad se mantiene constante e independiente de la temperatura y de la longitud de onda, lo que simplifica su análisis. En este caso, la radiación emitida se denomina radiación gris y es una aproximación útil para describir el comportamiento térmico de muchos materiales en aplicaciones reales.

La emisividad es la medida de la capacidad de un material para emitir energía en forma de radiación infrarroja. Se define como la relación entre la radiación térmica emitida por una superficie y la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura. Este parámetro es clave en termografía, ya que la energía radiada es la base para determinar la temperatura de un objeto.

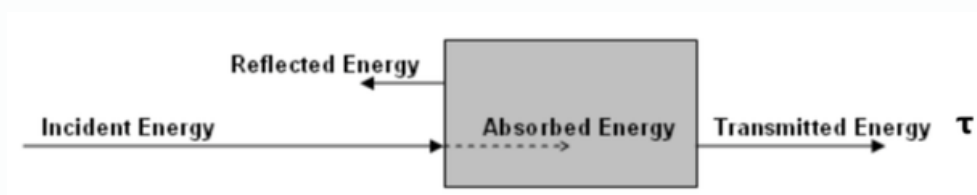
Cuando la radiación infrarroja incide sobre un material —ya sea sólido, líquido o gaseoso—, esta se distribuye en tres fenómenos fundamentales: absorción ( $\alpha$ ), reflexión ( $\rho$ ) y transmisión ( $\tau$ ). La proporción en la que ocurren estos fenómenos depende de las propiedades del material y de su estado superficial, y cumple con la relación:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Este equilibrio energético es esencial para comprender cómo interactúa la radiación con los materiales y cómo esto impacta en la correcta interpretación de las mediciones termográficas.



# Física de la emisividad del infrarrojo



## Absorción $\sigma$

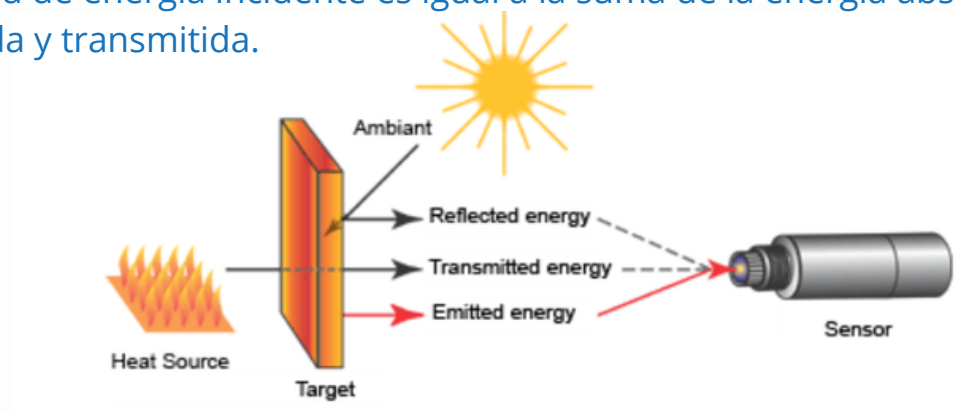
La absorción es el grado en que la energía infrarroja es absorbida por un material. Los materiales como el plástico, la cerámica y los textiles son buenos absorbentes. La energía térmica absorbida por los objetos del mundo real generalmente se retransmite a su entorno por conducción, convección o radiación.

## Transmisión $\tau$

La transmisión es el grado en que la energía térmica atraviesa un material. Hay pocos materiales que transmitan energía de manera eficiente en la región infrarroja entre  $7\mu\text{m}$  y  $14\mu\text{m}$ . El germanio es uno de los pocos buenos transmisores de energía infrarroja y, por lo tanto, se utiliza con frecuencia como material para lentes en sistemas de imágenes térmicas.

## Reflexión $\rho$

La reflexión es el grado en que la energía infrarroja se refleja en un material. Los metales pulidos como el aluminio, el oro y el níquel son muy buenos reflectores. La conservación de energía implica que la cantidad de energía incidente es igual a la suma de la energía absorbida, reflejada y transmitida.



**(1) Energía incidente = Energía absorbida  $W\sigma$  + Energía transmitida  $W\tau$  + Energía reflejada  $W\rho$**

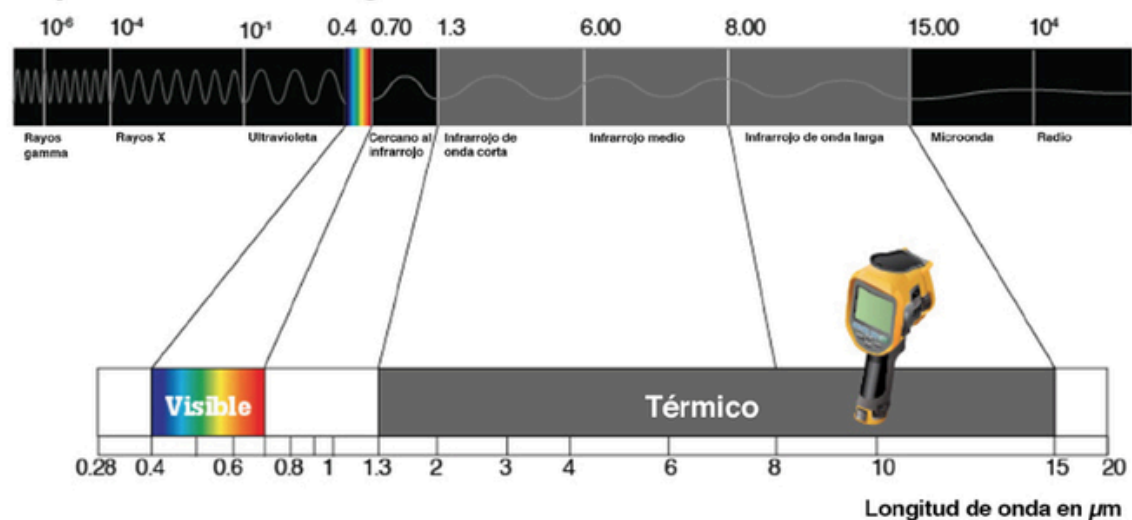
Sin embargo, es importante comprender que algunos materiales que son buenos absorbentes, transmisores o reflectores en el visible, pueden exhibir características completamente diferentes en el infrarrojo

# ¿Qué detecta la cámara?

Las cámaras termográficas detectan y miden la energía infrarroja total emitida por un objeto dentro de un rango específico de longitudes de onda, determinado por la sensibilidad del detector del equipo.

A diferencia del ojo humano, que puede distinguir distintas longitudes de onda dentro del espectro visible como colores, las cámaras termográficas no discriminan entre longitudes de onda individuales —por ejemplo, entre 7  $\mu\text{m}$  y 14  $\mu\text{m}$ —. En cambio, integran la energía total recibida dentro de su rango espectral operativo.

## Espectro electromagnético



A partir de esta medición, el equipo estima la temperatura del objeto mediante la cuantificación de la energía radiada. Este proceso se basa en la comparación con el comportamiento teórico de un cuerpo negro, utilizando la Ley de Radiación de Planck, la cual relaciona la energía emitida con la temperatura.

En términos prácticos, la cámara convierte la energía infrarroja detectada en una señal eléctrica, la procesa internamente y la traduce en valores de temperatura que posteriormente se representan en forma de imagen térmica o termograma.

# Efectos de la emisividad

Debido a que la emisividad de un objeto afecta directamente la cantidad de energía infrarroja que este emite, también influye de manera significativa en el cálculo de temperatura realizado por una cámara termográfica.

Consideremos el caso de dos objetos que se encuentran a la misma temperatura: uno con alta emisividad y otro con baja emisividad. Aunque ambos estén térmicamente iguales, el objeto con menor emisividad emitirá una menor cantidad de energía infrarroja. Como consecuencia, la cámara termográfica interpretará esta menor radiación como una temperatura más baja en comparación con el objeto de alta emisividad.

Material	Emisividad	Material	Emisividad
Madera	0.85	Papel negro	0.86
Agua	0.96	Policarbonato	0.8
Ladrillo	0.75	Hormigón	0.97
Acero inoxidable	0.14	Óxido de cobre	0.78
Cinta	0.96	Hierro fundido	0.81
Placa de aluminio	0.09	Óxido	0.8
Placa de cobre	0.06	Yeso	0.75
Aluminio negro	0.95	Pintura	0.9
Piel humana	0.98	Goma	0.95
Asfalto	0.96	Tierra	0.93
PVC	0.93		

Este fenómeno es una de las principales fuentes de error en termografía. Por ello, para obtener mediciones de temperatura confiables con instrumentos sin contacto, es fundamental conocer y ajustar correctamente la emisividad del objeto que se está evaluando.

En el caso de los pirómetros, algunos equipos cuentan con emisividad fija — generalmente alrededor de 0.95, adecuada para superficies orgánicas o pintadas—, mientras que otros permiten ajustar este valor dentro de un rango típico de 0.1 a 1.0, lo que brinda mayor flexibilidad para diferentes tipos de materiales.

Sin embargo, es importante considerar que muchos pirómetros no tienen la capacidad de compensar otros factores relevantes, como la radiación de fondo o la temperatura aparente reflejada. Esto puede introducir errores adicionales en la medición, especialmente en superficies metálicas o altamente reflectivas.

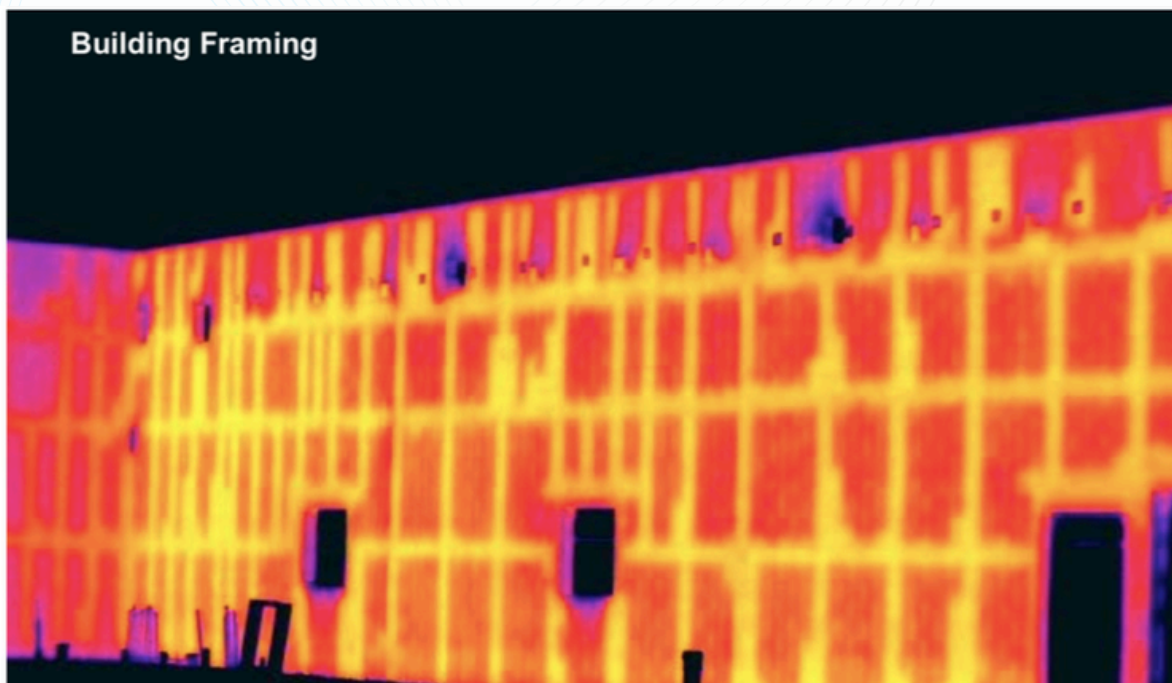
# Efectos de la emisividad

Los ajustes incorrectos de emisividad pueden generar errores significativos en la medición de temperatura, llegando en algunos casos a desviaciones de cientos de grados. Este es uno de los factores más críticos en la correcta interpretación de datos termográficos.

Es importante entender que la emisividad no es simplemente un valor fijo. En la realidad, los materiales presentan emisividad espectral, lo que significa que su capacidad de emitir energía varía en función de la longitud de onda.

Por lo tanto, cuando se asigna un único valor de emisividad en un equipo de medición, en realidad se está utilizando una aproximación válida únicamente para un rango específico de longitudes de onda, generalmente aquel en el que opera el detector de la cámara termográfica.

Esta simplificación es práctica y necesaria en aplicaciones de campo, pero implica que el usuario debe comprender sus limitaciones y considerar posibles fuentes de error, especialmente al trabajar con materiales cuya emisividad varía significativamente en el espectro infrarrojo.



# ¿Por qué elegir Lerne?

En un mundo industrial cada vez más exigente, la correcta formación y certificación del personal técnico se convierte en una necesidad estratégica. Los cursos de Lerne han sido diseñados para responder a esa necesidad, combinando estándares internacionales, experiencia de campo y una metodología didáctica centrada en la realidad del inspector. A continuación se detallan las razones que justifican la solidez de nuestra oferta formativa:

## Instructor líder con reconocimiento internacional

Jorge T. Reyna, director académico de Lerne, es el único profesional que ha logrado ser certificado para impartir formación oficial bajo los programas de ASNT (NDT Nivel III), AWS (SCWI) y AMPP (CIP 3, PCS, Master Coating Inspector). Su experiencia abarca más de 15 años de trabajo en inspección, aseguramiento de calidad y docencia en países como México, Ecuador, Panamá, Estados Unidos y Mongolia.

## Alineación con las normas más exigentes

Todos los cursos están diseñados conforme a los requisitos establecidos en:

- **ASNT SNT-TC-1A:** práctica recomendada para la calificación y certificación de personal en END.
- **ASNT CP-189:** norma que define los requisitos mínimos para sistemas formales de certificación.
- **ASNT CP-105:** base técnica que establece las horas mínimas de formación, contenidos y competencias esperadas por método y nivel.

## Diseño didáctico centrado en la práctica

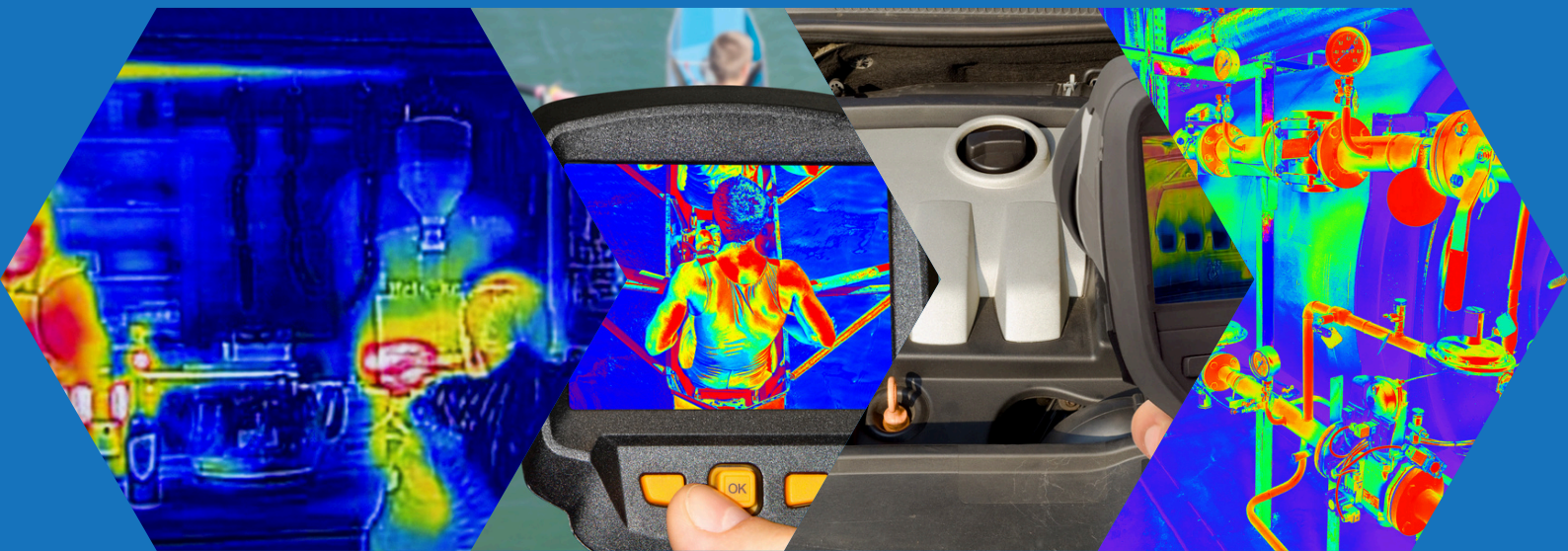
Nuestros cursos combinan teoría sólida con práctica intensiva. Apostamos por un modelo de enseñanza en el que el estudiante no solo memoriza información, sino que aprende a aplicar criterios de inspección en situaciones reales.

## Compromiso con la calidad y la mejora continua

Lerne no es solo una plataforma educativa, sino una comunidad de inspectores en formación y en activo. Cada curso se actualiza periódicamente y se enriquece con ejemplos reales, nuevos códigos y estándares, así como retroalimentación directa de los instructores que siguen activos en campo.

## Preparación integral para la certificación

Los temarios están desarrollados para apoyar tanto la formación interna de empresas como la preparación para exámenes de certificación reconocidos internacionalmente. Esto garantiza que el egresado pueda integrarse de inmediato en proyectos industriales que demandan cumplimiento normativo.



# Programa Ex-Alumnos Lerne

En Lerne, creemos que la educación y el desarrollo profesional no terminan con un solo curso. Por eso, ofrecemos un programa de educación continua vitalicio, accesible con la compra de tu primer curso. Acompañamos a nuestros exalumnos durante toda su carrera con herramientas, asesoría y actualizaciones constantes.

## Beneficios destacados:

- Descuentos exclusivos en formación continua
- Consultas directas de por vida con instructores expertos
- Asesoría técnica personalizada y preparación para certificaciones
- Acceso a material de refrescamiento y biblioteca digital
- Red de contactos, eventos exclusivos y oportunidades profesionales y mucho mas

Este programa te garantiza el respaldo de una comunidad técnica sólida, impulsando tu crecimiento constante en la industria.

# Termografía Infrarroja Nivel I

curso de certificación



## Objetivo:

Capacitar al participante para operar equipos de termografía infrarroja, adquirir imágenes térmicas adecuadas, realizar evaluaciones básicas de condiciones anómalas y elaborar reportes técnicos bajo la supervisión de un inspector Nivel II.

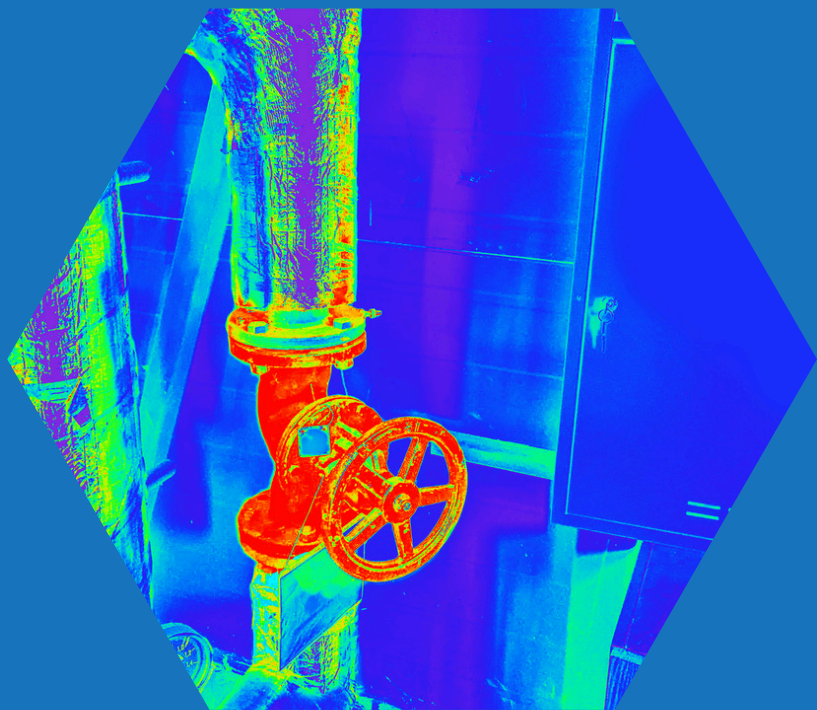
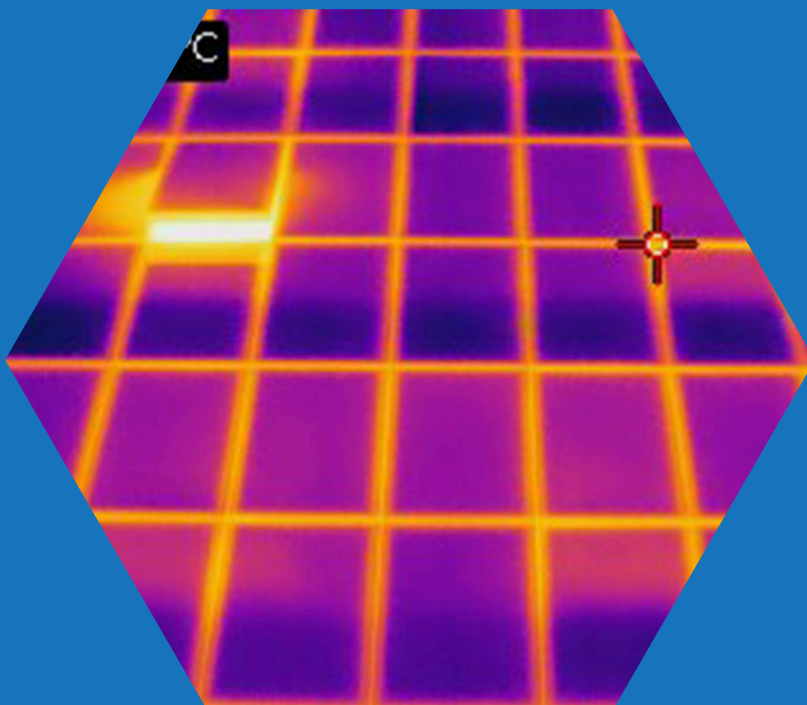
El curso está basado en ASNT CP-105 y cumple con los requisitos de entrenamiento técnico establecidos en SNT-TC-1A para certificación interna Nivel I. Asimismo, se encuentra alineado con la norma ISO 18436-7, correspondiente a la Categoría I, la cual define las competencias básicas para la adquisición de datos y evaluación inicial en termografía infrarroja dentro del mantenimiento basado en condición.

## Duración:

32 horas de entrenamiento mas tiempo de Exámenes y Proceso de experiencia

## Requisitos Previos:

Ninguno



## Módulo 1: Fundamentos de Radiación Infrarroja

- Qué es la radiación infrarroja
- Longitud de onda, frecuencia y velocidad
- Principios de transferencia de calor: conducción, convección y radiación
- Relación con la temperatura superficial

## Módulo 2: Principios de Emisión Térmica

- Emisividad: definición, importancia y ejemplos
- Reflectividad y transmisividad
- Factores que afectan la medición precisa de temperatura
- Cuerpos negros, grises y reflectivos

## Módulo 3: Componentes de una Cámara Termográfica

- Sensor detector IR: microbolómetro y enfriado
- Lentes: materiales, distancia focal y enfoque
- Pantalla y sistemas de visualización
- Parámetros ajustables: paleta de color, emisividad, temperatura reflejada, distancia

## Módulo 4: Adquisición de Imágenes Térmicas

- Requisitos para capturar una imagen útil
- Condiciones ambientales y limitaciones
- Ángulo de visión, enfoque y posicionamiento
- Configuración adecuada para inspección

## Módulo 5: Aplicaciones Comunes de la Termografía Nivel I

- Inspección eléctrica: tableros, transformadores, interruptores
- Inspección mecánica: rodamientos, motores, fricción
- Edificación e infraestructura: filtraciones, puentes térmicos
- Aislamiento, vapor y fugas térmicas



## Módulo 6: Interpretación Básica de Imágenes Térmicas

- Detección de puntos calientes y fríos
- Evaluación de contrastes térmicos
- Identificación de condiciones normales vs anómalas
- Tipos de fallas comunes detectables

## Módulo 7: Limitaciones del Método

- Materiales que no son adecuados para termografía
- Lecturas erróneas por alto brillo, polvo, suciedad
- Errores típicos por mal ajuste de parámetros
- Ejemplos prácticos de imágenes mal capturadas

## Módulo 8: Normas, Procedimientos y Ética

- Normas aplicables: ASTM E1934, ISO 18434, ISO 6781
- Procedimientos escritos (WOP) y su revisión
- Buenas prácticas, ética y confidencialidad de imágenes térmicas
- Criterios del cliente y formatos estándar

## Módulo 9: Reportes y Documentación

- Elementos de un buen reporte termográfico
- Registro de condiciones de inspección y parámetros de captura
- Adjuntar imágenes térmicas y visibles
- Trazabilidad y recomendaciones

## Módulo 10: Evaluación Final



# Termografía Infrarroja Nivel II

curso de certificación



## Objetivo:

Capacitar al participante en el análisis avanzado de imágenes térmicas, incluyendo la evaluación cuantitativa de temperaturas, el ajuste detallado de parámetros de medición, la identificación de condiciones anómalas complejas y la elaboración de procedimientos técnicos de inspección térmica.

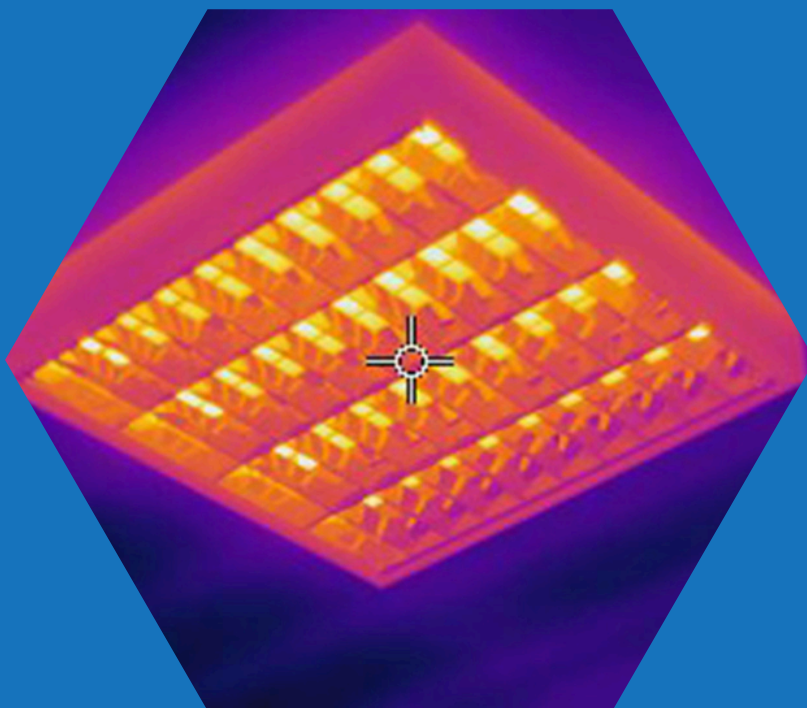
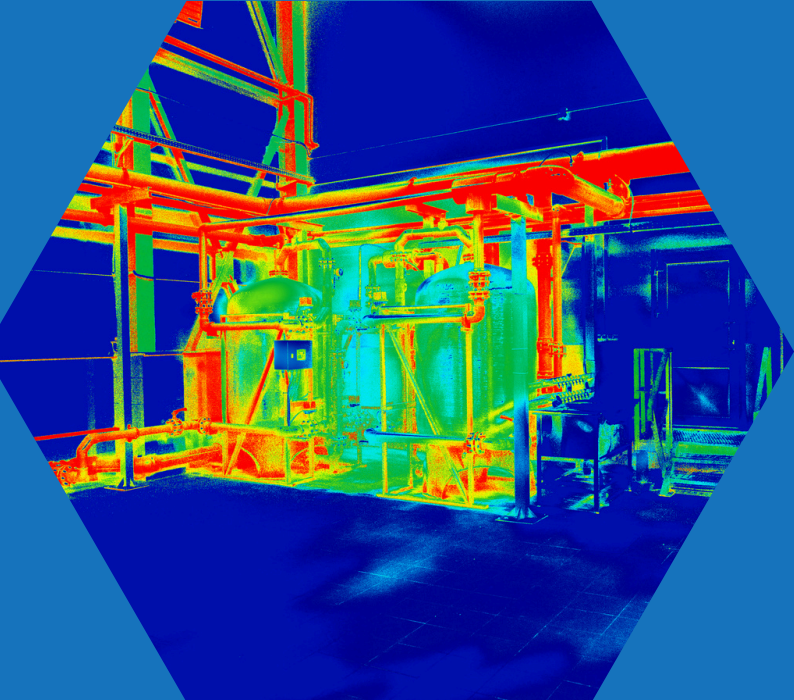
Este curso cumple con los requisitos técnicos establecidos en ASNT CP-105 para la certificación como Termógrafo Nivel II, conforme a SNT-TC-1A y CP-189. Asimismo, se encuentra alineado con la norma ISO 18436-7, la cual establece la clasificación por categorías (Categoría I, II, III y IV) para la certificación de personal en termografía infrarroja dentro del mantenimiento basado en condición.

## Duración:

32 horas de entrenamiento mas tiempo de Exámenes y Proceso de experiencia

## Requisitos Previos:

Nivel I



## Módulo 1: Repaso de Fundamentos de Nivel I

- Física del calor y radiación infrarroja
- Emisividad, reflectividad y transmisividad
- Configuración básica de la cámara térmica
- Interpretación de contrastes térmicos

## Módulo 2: Ajuste Avanzado de Parámetros de Medición

- Emisividad variable por material y acabado
- Temperatura reflejada aparente ( $T_{ref}$ )
- Corrección por distancia y humedad
- Influencia del ángulo de visión y enfoque

## Módulo 3: Análisis Cuantitativo y Calibración

- Medición precisa de temperatura
- Trazabilidad térmica y comparación con termómetros de contacto
- Validación de lecturas en condiciones reales
- Introducción a cámaras calibradas para análisis térmico certificado

## Módulo 4: Detección de Fallas en Sistemas Eléctricos y Mecánicos

- Sobrecalentamiento de conexiones, terminales, interruptores, transformadores
- Análisis térmico de motores, rodamientos, fricción y falta de lubricación
- Detección de cargas desbalanceadas y armónicos (en coordinación con datos eléctricos)
- Casos reales y criterios de severidad por temperatura diferencial

## Módulo 5: Termografía en Infraestructura y Construcción

- Evaluación de aislamiento térmico en muros y cubiertas
- Fugas de aire, humedad y filtraciones
- Identificación de puentes térmicos y condensaciones
- Aplicación en puertos, aeropuertos, hospitales y edificios industriales



## Módulo 6: Termografía en la Industria Energética

- Aplicación en líneas de transmisión y subestaciones
- Inspección de paneles solares (hot spots, celdas defectuosas)
- Termografía en turbinas, intercambiadores y procesos térmicos
- Ejemplos prácticos del sector oil & gas y generación eléctrica

## Módulo 7: Software de Análisis Térmico

- Plataformas de análisis: FLIR Tools, InfraStudio, Testo IRSoft, etc.
- Importación de imágenes radiométricas
- Análisis comparativo y de tendencias
- Elaboración de reportes avanzados con imágenes térmicas y visibles

## Módulo 8: Criterios de Evaluación Térmica

- Criterios de aceptación y alerta
- Normas aplicables: ISO 18434-1, ASTM E1934, AGA, NFPA 70B
- Clasificación de severidad de fallas
- Determinación de prioridad de mantenimiento

## Módulo 9: Redacción de Procedimientos y Supervisión de Nivel I

- Elementos de un procedimiento escrito (WOP) para inspección térmica
- Secuencia de inspección y condiciones mínimas requeridas
- Supervisión y validación de personal Nivel I
- Gestión de imágenes térmicas en sistemas de calidad

## Módulo 10: Evaluación Final





**American Welding Society**  
EDUCATIONAL INSTITUTION MEMBER

Lerne Cursos y Certificaciones  
ID: 40217238



## CONTACTANOS

[cursos.lerne@gmail.com](mailto:cursos.lerne@gmail.com)

**Whatsapp:**

**+52 8134 10 7040**



siguenos en Facebook /cursoslerne