

ÍNDICE

Capítulo 1.

INTRODUCCIÓN A LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y A LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA

13

1.1. Qué son los ensayos no destructivos

15

1.1.1. ¿Por qué son importantes los END?

16

1.1.2. Historia

17

1.1.3. Terminología

20

1.1.4. Aplicaciones

20

1.1.5. Empleo racional de los ensayos no destructivos .

23

1.1.6. Introducción a los métodos convencionales de
END

26

1.1.7. Otros métodos

38

1.1.8. Técnicas avanzadas

39

1.1.9. Adecuación y limitaciones

46

1.1.10. Ensayos destructivos y ensayos en materiales en
general

49

1.2. Termografía infrarroja

51

1.2.1. Definición

51

1.2.2. Historia

51

1.2.3. Aplicabilidad y limitaciones

53

Capítulo 2.

ASPECTOS DE CALIDAD

55

2.1. Cualificación del personal

57

2.1.1. Normas de certificación

62

2.1.2.	Norma EN ISO 9712 Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos	66
2.1.3.	Otros sistemas de cualificación y certificación en END	67
2.1.4.	Trazabilidad de documentos	73

Capítulo 3.

PRINCIPIOS FÍSICOS	75
3.1. Termodinámica	77
3.1.1. Energía, calor y temperatura	77
3.1.2. Primer principio de la termodinámica	94
3.1.3. Segundo principio de la termodinámica	96
3.1.4. Cambio de estado	99
3.2. Transmisión de calor	105
3.2.1. Transferencia de calor por conducción	106
3.2.2. Transferencia de calor por convección	125
3.2.3. Transferencia de calor por radiación	139
3.3. Radiación infrarroja	140
3.3.1. El espectro electromagnético	140
3.3.2. Conceptos básicos de óptica geométrica en radiación IR	145
3.3.3. Radiación de cuerpo negro	147
3.3.4. Radiación incidente: absorptividad, reflectividad, transmisividad	152
3.3.5. Emisividad	154
3.3.6. Simuladores de cuerpo negro	162
3.3.7. Atenuación de la radiación	164

3.3.8. Absorbedores selectivos	170
3.3.9. Cuerpos opacos	171
3.4. Interpretación de la imagen térmica	174
3.4.1. Medida de la temperatura	174
Capítulo 4.	
EQUIPOS	187
4.1. Instrumentación	189
4.1.1. Componentes básicos y funciones	189
4.1.2. Detectores	191
4.1.3. Estabilización de la temperatura y enfriamiento del detector	207
4.1.4. Óptica	211
4.1.5. Dimensión mínima detectable (mdd)	217
4.1.6. Resolución espacial	218
4.1.7. Número de píxeles	223
4.1.8. Tiempo de exposición	224
4.1.9. Diferencia de temperatura equivalente (NETD)	225
4.1.10. Criterio de selección de los detectores	229
4.1.11. Calibración de los equipos infrarrojos	230
4.1.12. Factores que influyen en la inexactitud de la medida termográfica	233
4.1.13. Compensación de la señal de salida de la cámara	234
4.1.14. NUC	236
4.1.15. Corrección de píxeles	239
4.1.16. Banda de longitud de onda. Respuesta espectral .	239
4.2. Accesorios	241
4.2.1. Filtros	241
4.2.2. Ventanas IR	248

Capítulo 5.	
TÉCNICA DE INSPECCIÓN	255
5.1. Termografía cualitativa	258
5.2. Termografía cuantitativa	258
5.3. Termografía pasiva	260
5.4. Termografía activa	260
5.4.1. Técnicas	263
5.4.2. Modos	264
5.4.3. Fuentes de excitación	265
5.4.4. Geometría de la excitación	268
5.4.5. Técnicas de termografía para END	269
5.4.6. Propiedades térmicas	271
5.4.7. Conceptos básicos sobre las ondas térmicas	274
5.4.8. Termografía pulsada (PT)	276
5.4.9. Termografía de pulso largo (SH)	287
5.4.10. Termografía modulada o de lazo cerrado (LT)	290
5.4.11. Vibrotermografía (VT)	298
5.4.12. Termografía inductiva (IT)	302
5.5. Ventajas e inconvenientes de la termografía infrarroja	306

Capítulo 6.	
CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN PREVIA	
AL ENSAYO	309
6.1. Uso de la termografía en la industria	311
6.2. Electricidad	314
6.2.1. Identificación del material a inspeccionar	314
6.2.2. Defectos típicos que se pueden encontrar	328
6.2.3. Severidad de fallos y frecuencia de inspección	332
6.2.4. Técnicas habituales de inspección empleadas	336

6.3. Mecánica	337
6.3.1. Identificación del material a inspeccionar	337
6.3.2. Defectos típicos que se pueden encontrar	342
6.3.3. Severidad de fallos y frecuencia de la inspección .	346
6.3.4. Técnicas habituales empleadas	349
6.4. Aislamientos en procesos industriales	351
6.4.1. Identificación del material a inspeccionar	351
6.4.2. Defectos típicos que se pueden encontrar	354
6.4.3. Severidad de fallos y frecuencia de la inspección .	355
6.4.4. Técnicas habituales aplicadas	355
6.5. Edificación	356
6.5.1. Identificación del material a inspeccionar	356
6.5.2. Defectos típicos que se pueden encontrar	360
6.5.3. Severidad de fallos y frecuencia de inspección	365
6.5.4. Técnicas habituales de inspección aplicadas	366
6.6. Materiales compuestos	367
6.6.1. Identificación del material a inspeccionar	367
6.6.2. Defectos típicos que se pueden encontrar	374
6.6.3. Severidad de fallos y frecuencia de la inspección .	375
6.6.4. Técnicas habituales aplicadas	376
6.7. Calidad	378
6.7.1. Industria alimentaria	379
6.7.2. Automoción	381
6.7.3. Industria del plástico	384
6.7.4. Industria del papel	391
6.7.5. Electrónica	396

Capítulo 7.	
INSPECCIÓN: DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE DEFECTOS	403
7.1. Condiciones de la inspección	405
7.1.1. Electricidad	408
7.1.2. Mecánica	411
7.1.3. Edificios	413
7.1.4. Aislamientos	416
7.1.5. Materiales compuestos	417
7.1.6. Calidad	418
7.2. Características y operación del equipo IR	418
7.3. Procesado de datos	424
7.4. Interpretación de los resultados. Casos prácticos	432
7.4.1. Electricidad	433
7.4.2. Mecánica	444
7.4.3. Aislamientos en procesos industriales	450
7.4.4. Edificios	455
7.4.5. Materiales compuestos	461
7.4.6. Calidad	465
7.5. Informe	468
Capítulo 8.	
CONDICIONES AMBIENTALES	473
8.1. Control de las condiciones ambientales durante la inspección infrarroja	475
8.1.1. Parámetros de la cámara a tener en cuenta	475
8.1.2. Parámetros externos a tener en cuenta	477

Capítulo 9.	
CONDICIONES DE SEGURIDAD	483
9.1. Condiciones de seguridad en equipos eléctricos	485
9.2. Condiciones de seguridad en equipos mecánicos	487
9.2.1. Condiciones del entorno	487
9.2.2. Requisitos de los equipos generales de trabajo ...	487
9.2.3. Bancos de pruebas de motores térmicos	488
9.2.4. Riesgos más frecuentes y medidas preventivas ...	490
9.2.5. Trabajos con fluidos a elevada presión	493
9.2.6. Trabajos con soldadura	494
9.2.7. Referencias legales	502
9.3. Condiciones de seguridad en inspecciones electrónicas ...	502
9.3.1. Elaboración de circuitos impresos	503
9.3.2. Riesgo eléctrico en las operaciones electrónicas .	507
9.3.3. Referencias legales	517
9.4. Condiciones de seguridad en inspecciones con riesgo químico	517
9.4.1. Recomendaciones generales	518
9.5. Condiciones de seguridad en inspecciones de edificios	520
9.5.1. Señalizaciones a tener en cuenta	520
Capítulo 10.	
NOVEDADES	525
10.1. Imagen dinámica multispectral MSX	527
10.2. Tecnología ultramax	527

10.3. Drones	529
10.4. Flir one	530

Capítulo 11.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA	531
---------------------------------------	------------

11.1 Publicaciones	533
11.2. Tesis y trabajos fin de carrera	538
11.3. Comunicaciones y congresos	539
11.4. Guías y manuales	540
11.5. Páginas web	541