

Gabriel Delojo Morcillo

# Inspección Visual

## Niveles II y III

El arte de ver y la ciencia de mirar

# E N D

Ensayos No Destructivos

## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN</b> .....	23
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>LA INSPECCIÓN VISUAL COMO MÉTODO DE ENSAYO NO DESTRUCTIVO</b> .....	31
1.1. Introducción .....	33
1.2. Los ensayos no destructivos .....	34
1.3. La inspección visual como método de ensayo no destructivo .....	37
1.4. Utilidades de la inspección visual .....	38
1.5. Alcance del tema .....	40
1.6. La interpretación en inspección visual .....	41
1.7. Del reconocimiento a la interpretación .....	42
1.8. Evaluación y criterios de aceptación .....	42
1.9. Normas y especificaciones .....	43
1.10. La inspección visual y el análisis de fallos en servicio .....	45
1.11. Referencia histórica .....	46
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>NATURALEZA Y PROPIEDADES GENERALES DE LA LUZ</b> .....	53
2.1. Introducción .....	55
2.2. Propiedades físicas básicas de la luz .....	55
2.2.1. La naturaleza de la luz y su velocidad .....	56
2.2.2. Frecuencia, longitud de onda y energía de la luz .....	57
2.2.3. La propagación de la luz .....	60
2.3. Índice de refracción .....	63
2.4. La reflexión de la luz .....	65
2.5. Las leyes de la reflexión de la luz .....	67

2.6.	La refracción de la luz .....	71
2.7.	Las leyes de la refracción .....	72
2.8.	Principio de reversibilidad .....	78
2.9.	Método gráfico para el trazado de rayos .....	78
2.10.	La reflexión total .....	82
2.11.	La refracción en medios de caras paralelas .....	83
2.12.	La refracción en medios de caras planas no paralelas: prismas .....	85
2.13.	La refracción en medios limitados por caras curvas .	87
2.14.	La refracción de la luz blanca .....	87
2.15.	Atenuación de la luz .....	88
2.15.1.	Atenuación de la luz por la distancia .....	89
2.15.2.	Atenuación de la luz por absorción .....	90

### **CAPÍTULO 3**

#### **LUPAS Y ESPEJOS .....** 101

3.1.	Introducción .....	103
3.2.	Lupas .....	105
3.2.1.	Definiciones y convenios .....	105
3.2.2.	Construcción de imágenes en las lupas ....	110
3.2.3.	La ecuación de focos conjugados .....	112
3.2.4.	Ampliación lateral .....	114
3.2.5.	Aplicación a las imágenes virtuales .....	114
3.2.6.	El concepto de <i>potencia</i> de una lupa .....	115
3.2.7.	La «fórmula del óptico» .....	117
3.2.8.	Deducción de la «fórmula del óptico» .....	119
3.2.9.	Lupas gruesas .....	123
3.2.10.	Las aberraciones de las lentes .....	125
3.2.11.	Consideraciones prácticas sobre las aberraciones de las lupas .....	142
3.2.12.	Tipos de lupas .....	143
3.2.13.	Lentes de Fresnel .....	147

3.3. Espejos .....	149
3.3.1. Espejos planos .....	150
3.3.1.1. Definiciones y convenios .....	151
3.3.1.2. Construcción de la imagen en un espejo plano: simetrías, inversiones y trueques .....	152
3.3.2. Espejos curvos .....	155
3.3.2.1. Espejos esféricos cóncavos .....	155
3.3.2.1.1. Definiciones y convenios .....	156
3.3.2.1.2. Construcción de las imágenes de los espejos cóncavos ...	158
3.3.2.1.3. La ecuación de los focos conjugados de los espejos cóncavos	161
3.3.2.1.4. Ampliación lateral en los espejos cóncavos	163
3.3.2.1.5. Aberraciones en los espejos esféricos cóncavos .....	165
3.3.2.2. Potencia de un espejo .....	167
3.3.3. Espejos «gruesos» .....	167
3.3.4. Tipos de espejos de utilidad general .....	168
3.3.5. Espejos especiales .....	169
3.3.5.1. Espejos para observación axial	169
3.3.5.2. Espejos elípticos .....	170
3.3.5.3. Utilidades de los espejos elípticos	174
3.3.5.4. Espejos parabólicos .....	176

## CAPÍTULO 4

<b>EL OJO Y LA VISIÓN .....</b>	<b>189</b>
4.1. Introducción .....	191
4.2. Descripción anatómica y funcional del ojo humano ..	192
4.2.1. Anatomía óptica del ojo .....	192
4.2.2. Anatomía sensorial del ojo .....	196
4.3. Fisiología elemental de la visión .....	200
4.4. El tiempo y la visión .....	205
4.4.1. El movimiento y la visión .....	205
4.4.2. La visión del movimiento .....	207
4.5. Adaptación a la oscuridad .....	209
4.6. Las capacidades visuales .....	211
4.6.1. La percepción visual del espacio .....	211
4.6.2. La percepción visual de la luminosidad .....	214
4.6.2.1. Ley de Weber-Fechner .....	216
4.6.3. La percepción luminosa del color .....	218
4.6.4. La percepción visual del contraste .....	221
4.6.5. La percepción visual de la forma .....	226
4.6.6. La percepción de configuraciones .....	228
4.6.7. El reconocimiento de las formas y la identificación de los objetos .....	233
4.6.8. La percepción del color .....	235
4.6.8.1. Colores simples y compuestos .....	237
4.6.8.2. Colores complementarios .....	238
4.6.8.3. Mezclas aditivas y sustractivas .....	239
4.6.8.4. Los atributos del color .....	240
4.6.8.5. La identificación de los colores .....	242

4.6.9.	El color en los objetos .....	249
4.6.9.1.	La luz y el color .....	250
4.6.9.2.	Los objetos y el color .....	251

## **CAPÍTULO 5**

<b>INSTRUMENTOS AUXILIARES EN INSPECCIÓN VISUAL .....</b>	<b>265</b>
5.1. Introducción .....	267
5.2. Instrumentos de ampliación .....	268
5.2.1. Instrumentos de «aumento» .....	269
5.2.1.1. Lupas .....	269
5.2.1.2. Macroscopios .....	269
5.2.2. Instrumentos de «aproximación» .....	278
5.2.2.1. Anteojos .....	278
5.3. Instrumentos para inspeccionar puntos inaccesibles	283
5.3.1. Dispositivos reflectores .....	284
5.3.2. Cámaras de televisión .....	287
5.3.3. Endoscopios .....	288
5.3.3.1. Clasificación .....	288
5.3.3.2. Iluminación .....	289
5.3.3.2.1. La guía de luz: introducción a la óptica de fibras .....	292
5.3.3.2.2. Generadores de luz	304
5.3.3.3. Características generales de los endoscopios .....	305

5.3.3.4.	Endoscopios rígidos .....	307
5.3.3.5.	Endoscopios flexibles .....	310
5.3.3.6.	Endoscopios de aguja o de fibra gradiente .....	314
5.3.3.7.	Endoscopios de televisión .....	316
5.3.3.8.	La transferencia de información .....	318
5.3.3.9.	Criterios para la elección acerta- da de un endoscopio .....	320
5.3.3.10.	Manipulaciones a través del endoscopio .....	321
5.4.	Instrumentos para observar objetos en movimiento: estroboscopios .....	322

## **CAPÍTULO 6**

### **ILUMINACIÓN: PRINCIPIOS GENERALES Y UNIDADES .....** 337

6.1.	Introducción .....	339
6.2.	La medida de la luz: Fotometría .....	340
6.3.	Fotometría y Radiometría .....	340
6.4.	Medidas angulares .....	342
6.5.	La unidad fundamental en Fotometría: la candela ...	345
6.6.	Manantiales primarios y secundarios .....	347
6.7.	Manantiales puntuales y extensos; isótropos y direccionales .....	347
6.8.	Conceptos y unidades derivados .....	349
6.8.1.	Flujo luminoso: el lumen .....	349
6.8.2.	Iluminancia: el lux .....	350
6.8.3.	Brillo o luminancia: el nit .....	353
6.8.4.	Otras unidades derivadas .....	355
6.8.4.1.	Transmitancia .....	355
6.8.4.2.	Densidad óptica .....	355
6.8.4.3.	Emitancia luminosa (M) .....	356

6.8.4.4.	Exposición o cantidad de iluminación (H) .....	357
6.8.4.5.	Cantidad de luz (Q) .....	357
6.8.4.6.	Reflectancia ( $\rho(\lambda)$ ) .....	357
6.8.4.7.	Coefficiente lineal de atenuación ( $\mu$ ) .....	357
6.8.5.	Resumen de unidades fotométricas .....	358
6.9.	Instrumentación .....	359
6.9.1.	Fotómetros de fotografía .....	361
6.9.2.	Medidores de iluminación .....	361
6.9.3.	Medidores de brillo (estilbómetros) .....	362
6.9.4.	Medidores de densidad (densitómetros) ...	362
6.10.	Dónde medir .....	363
6.11.	Atenuación de la luz .....	364
6.12.	Observaciones a la atenuación de la luz por la distancia .....	369
6.13.	El contraste luminoso .....	374

## CAPÍTULO 7

<b>FUENTES DE LUZ</b> .....	<b>387</b>	
7.1.	Fuentes de luz: lámparas y luminarias .....	389
7.2.	Lámparas .....	389
7.2.1.	Espectros luminosos .....	390
7.2.1.1.	Espectro discontinuo .....	392
7.2.1.2.	Espectro continuo .....	394
7.2.1.3.	Temperatura de color .....	398
7.2.2.	Rendimiento luminoso y visual .....	399

7.3. Tipos de lámparas .....	401
7.3.1. Lámparas de incandescencia .....	402
7.3.2. Lámparas de descarga .....	415
7.3.3. Lámparas fluorescentes .....	426
7.3.4. Lámparas mixtas .....	433
7.4. Elección de la lámpara según su aplicación .....	435

## **CAPÍTULO 8**

### **INSPECCIÓN E ILUMINACIÓN .....**

453

8.1. Niveles de iluminación en función de la clase de inspección .....	455
8.2. Niveles de iluminación en función de la zona .....	460
8.3. Luminarias .....	461
8.4. Resumen de recomendaciones para el uso racional de las lámparas .....	465
8.5. Las inspecciones con luz natural .....	467
8.5.1. Inspecciones a pleno sol .....	467
8.5.2. Inspecciones con luz solar indirecta .....	468
8.6. Reparto y orientación de la iluminación local .....	470
8.6.1. La iluminación del objeto .....	470
8.7. La iluminación ambiental .....	480
8.8. La luz y el color de los objetos .....	482
8.9. Iluminación antideflagrante y subacuática .....	484

## CAPÍTULO 9

### LA SELECCIÓN DEL PERSONAL PARA INSPECCIÓN VISUAL.

<b>RIESGOS PROFESIONALES .....</b>	<b>491</b>
9.1. Introducción .....	493
9.2. Criterios generales y específicos de selección .....	493
9.2.1. Criterios generales .....	494
9.2.2. Criterios específicos .....	494
9.2.3. Calibración y anomalías de la visión .....	498
9.2.3.1. Caracterización de la visión «normal» .....	498
9.2.3.2. Acuidad .....	500
9.2.3.3. Variedades de la agudeza visual .....	503
9.2.3.4. La determinación de la agudeza visual .....	506
9.2.3.5. Anomalías de la visión .....	510
9.2.4. Resumen de la calibración de la visión y sus anomalías .....	523
9.2.5. Aspectos psicotécnicos .....	527
9.2.5.1. Aptitudes generales y específicas .....	528
9.3. Peligros y riesgos profesionales en inspección visual .....	530
9.3.1. Riesgos laborales .....	531
9.3.2. Clasificación .....	531
9.3.3. Riesgos específicos en inspección visual ..	533
9.3.3.1. Riesgos derivados de la naturaleza de la propia inspección visual .....	533
9.3.3.2. Riesgos inducidos por la inspección visual .....	534
9.3.3.3. Riesgos derivados de la ilumina- ción propiamente dicha .....	534

9.3.3.4. Riesgos derivados del medio donde se realiza la inspección visual ...	537
--	-----

**CAPÍTULO 10**  
**REGISTRO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS (I)** ..... 549

10.1. Introducción .....	551
10.2. Registro de resultados .....	552
10.2.1. Ejemplos .....	552
10.2.2. Datos de ensayo .....	560
10.3. Registro gráfico de resultados .....	562
10.3.1. Dibujos y croquis .....	562
10.3.1.1. Representaciones .....	564
10.3.1.2. Sistemas de representación ...	568
10.3.1.3. Elección del sistema de representación para croquizar .....	577
10.3.1.4. Cortes y secciones .....	579
10.3.1.5. Cotas .....	582
10.3.1.6. Símbolos gráficos .....	584
10.3.1.7. Útiles y técnicas .....	590
10.3.1.8. Trucos y brujerías .....	595
10.3.1.9. Desarrollos y proyecciones especiales .....	597
10.3.1.10. Croquis "explosionados" .....	603

**CAPÍTULO 11**  
**REGISTRO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS (II)** ..... 615

11.1. Registro fotográfico .....	617
11.2. «Tamaño natural». Escalas .....	618
11.3. Elección del equipo .....	620

11.3.1.	La cámara .....	621
11.3.2.	Objetivos .....	626
11.3.3.	Objetivos «macro» y anillos de aproximación .....	629
11.4.	Registro de las imágenes .....	631
11.4.1.	Registro sobre película .....	631
11.4.2.	Registro electrónico (digital) .....	635
11.4.3.	¿De película o digital? .....	639
11.4.4.	Cámara Polaroid .....	639
11.5.	Fotografía a través de instrumentos .....	640
11.6.	Registro en vídeo .....	641
11.7.	Iluminación .....	642
11.7.1.	Iluminación con luz continua .....	643
11.7.2.	Iluminación por relámpago ( <i>flash</i> ) .....	645
11.7.3.	Accesorios .....	648
11.8.	Fotografía subacuática .....	651
11.8.1.	Problemas ópticos .....	651
11.8.2.	Problemas de iluminación y visión .....	657

## **CAPÍTULO 12**

<b>EL INFORME TÉCNICO (NIVEL III)</b> .....	673
12.1. Introducción .....	675
12.2. El lenguaje .....	676
12.2.1. Precisión .....	677
12.2.2. Propiedad .....	680
12.2.3. Pureza .....	681
12.2.4. Riqueza .....	683
12.2.5. Claridad .....	684

12.3. Trabajo preparatorio del informe .....	685
12.4. Confección y control del informe .....	687
12.5. Un modelo de estructura de informe .....	689
12.5.1. Los antecedentes .....	690
12.5.2. La identificación de las muestras y documentos .....	691
12.5.3. El plan del informe .....	691
12.5.4. Los ensayos realizados .....	692
12.5.5. El informe propiamente dicho .....	693
12.5.6. Las conclusiones .....	695
12.5.7. El resumen .....	696
12.5.8. Figuras y gráficos .....	696
12.5.9. Apéndices o anexos .....	697
12.6. Remates .....	697
12.6.1. La corrección final .....	697
12.6.2. La presentación del informe .....	698
12.7. Ejemplo de un informe de inspección visual .....	698

## **CAPÍTULO 13**

<b>ANEXOS .....</b>	<b>707</b>
---------------------	------------