

Félix C. Gómez de León
Antonio González Carpena

TEMA 07. INSPECCIÓN DE MATERIALES

Curso de Resistencia de
Materiales y cálculo de
estructuras.

Índice.

- Introducción.
- Generalidades.
- Aplicaciones.
- Equipos.
- Macroscopía.
- Microscopía.
- Visión artificial.
- Ventajas y limitaciones.

Introducción.

- La inspección visual se puede definir como “el examen de un material, pieza o producto para evaluar su conformidad usando la vista, sola o con ayuda de alguna herramienta”.
- A veces nos ayudamos de otros sentidos, como son el oído, el olfato e incluso el sabor.
- El proceso consta de dos fases:
 - La primera es una fase de búsqueda.
 - La segunda es una fase que combina la experiencia, los conocimientos y la agudeza visual para llegar a la identificación de la anomalía que presenta la muestra a inspeccionar.
- La inspección visual se emplea junto con otros métodos de END.
- Los sensores y el tratamiento de su señal han hecho posible automatizar algunas inspecciones visuales. Dando lugar a lo que se conoce como “visión artificial”.

Introducción.

- La inspección visual es el método de END más común y más básico.
- Es de aplicación a una gran variedad de tipos de materiales y productos.
- Las posibilidades de detección de esta técnica se limitan, obviamente, a aquellos defectos que son visibles, tales como grietas, poros, desgaste, cavitación, decoloraciones, corrosión, etc., así como al control dimensional.
- Se puede realizar por métodos directos o indirectos durante el proceso de fabricación o después de que el componente en cuestión haya sido puesto en servicio.

Introducción

- La calidad de la inspección depende de cuatro factores:
 - La calidad del detector (ojo ó cámara).
 - Las condiciones de luminosidad.
 - La capacidad de procesar los datos obtenidos.
 - El nivel de entrenamiento y la atención a los detalles.

Introducción.

Tipos de inspección visual

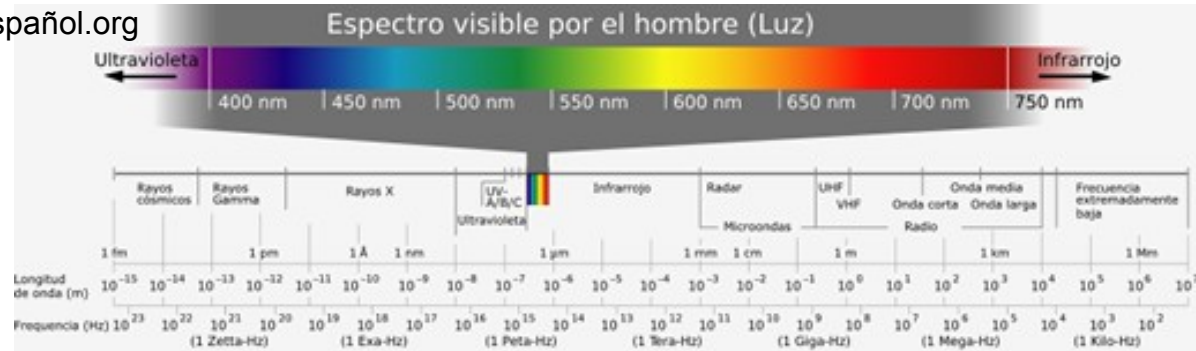
- **Inspección Visual Directa.** El examen visual directo puede efectuarse usualmente cuando el acceso es suficiente para colocar el ojo dentro de 24 pulgadas (610mm) de la superficie que está siendo examinada y a un ángulo no menor de 30 grados. Pueden ser usados espejos para mejorar el ángulo de visión.
- **Inspección Visual Indirecta.** En algunos casos, la inspección visual indirecta puede ser sustituto de la inspección directa. La inspección visual indirecta utiliza instrumentos auxiliares tales como espejos, telescopios, hercero, fibras ópticas.



Generalidades

Nivel de luz

Fuente: www.ndtespañol.org



- La agudeza visual es óptima bajo condiciones normales de luz alcanzándose el nivel máximo de sensibilidad en torno a la luz con una longitud de onda de 555 nanómetros, que corresponde al color verde amarillento.
- Cuando los niveles de luz se acercan a la oscuridad total, la respuesta de la visión cambia significativamente como muestra la curva de la izquierda del diagrama lateral.
- A estos niveles de luz la visión humana es más sensible a casi cualquier cantidad de luz que se presente, pero se perciben peor los colores.
- A niveles bajos de luz, la percepción del azul, violeta y ultravioleta se incrementa disminuyendo la percepción del amarillo y del rojo.

Generalidades Iluminancia.

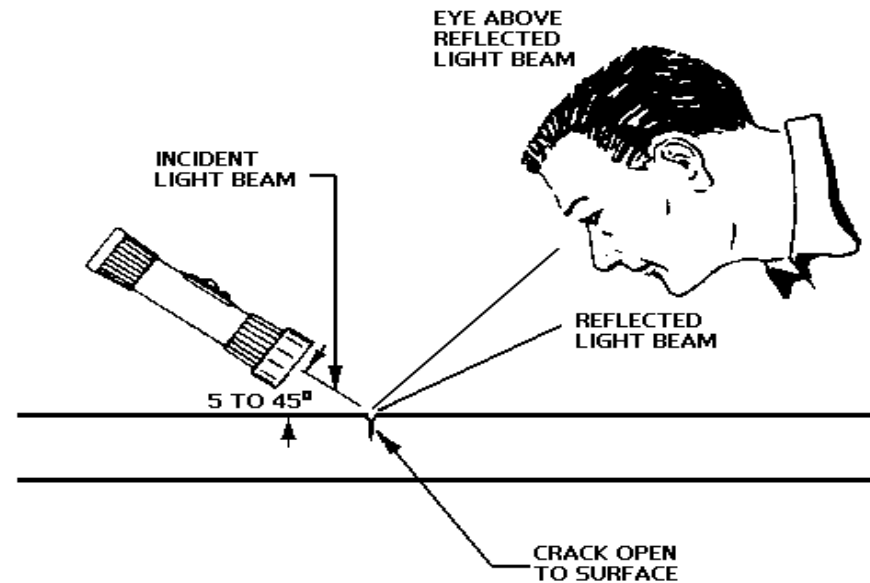
- Una inspección efectiva requiere de una adecuada iluminación.
- El tipo de inspección a realizar dictará las necesidades de iluminación. La inspección de componentes complicados y con un nivel bajo de contraste requerirá mejor iluminación que la inspección de componentes sencillos y con un contraste alto.
- La intensidad de luz se puede medir con un luxómetro. La unidad de medida son los lux.
 - Un lux equivale a la cantidad de luz que llega a una superficie y equivale a un lumen/m².
 - La inspección de componentes complicados y con bajo contraste requiere una iluminación de la superficie de 1000 lux ó más.
- Las necesidades de iluminación se determinan antes de realizar la inspección.



Fuente: Instrumentos TEXTO, S.A.

Generalidades Luminancia.

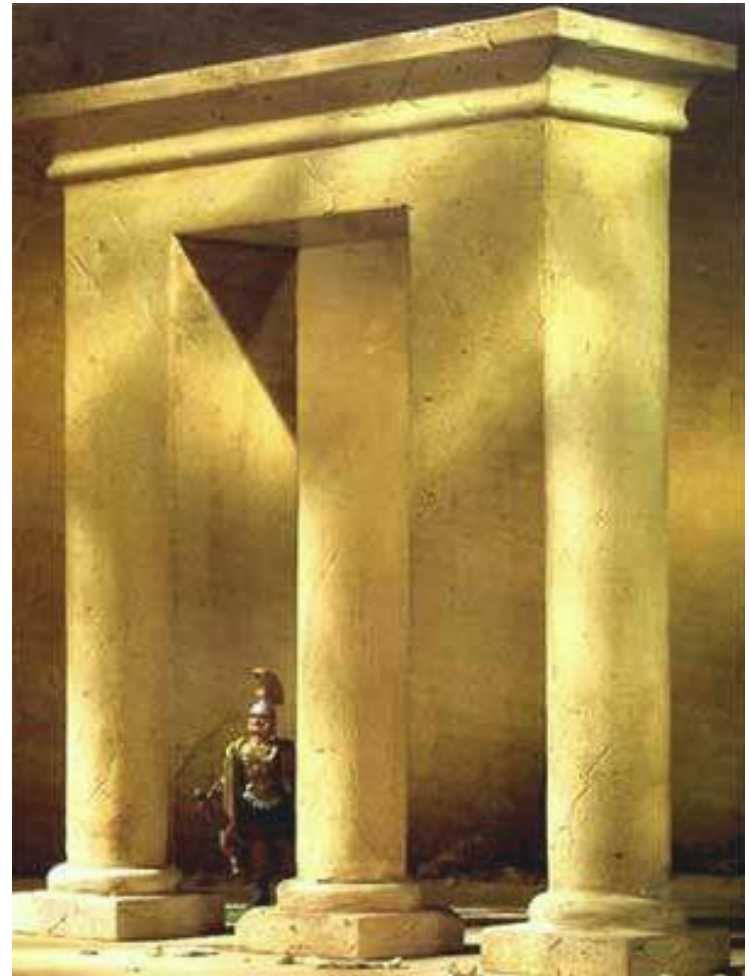
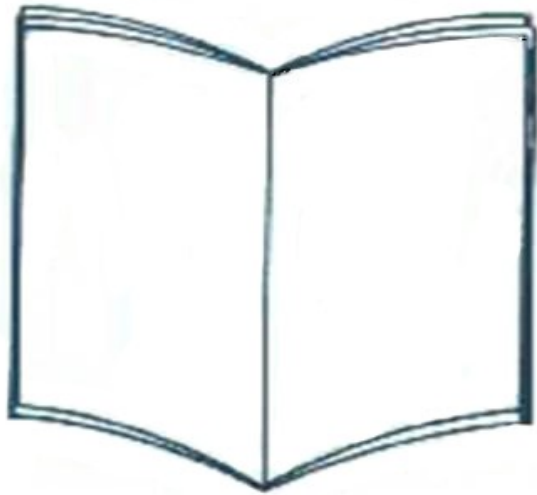
- La luz que llega al ojo tiene que ver con la luminancia.
- Para algunas aplicaciones es suficiente con una iluminación directa.
- Para otras aplicaciones es mejor utilizar una iluminación indirecta debido a que resalta las sombras de las grietas y las hace más fácil de detectar.



Fuente: www.ndt-ed.org.

Generalidades Perspectiva

El cerebro necesita indicios visuales para determinar la perspectiva

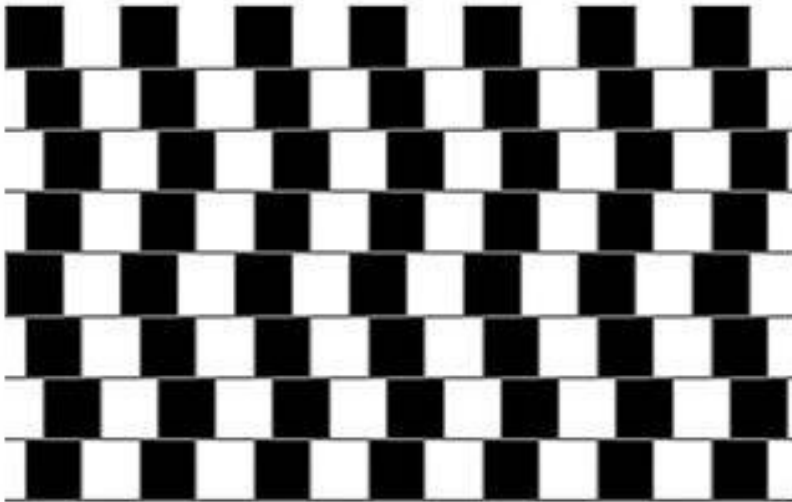


Fuente: www.ndtespañol.org.

Generalidades

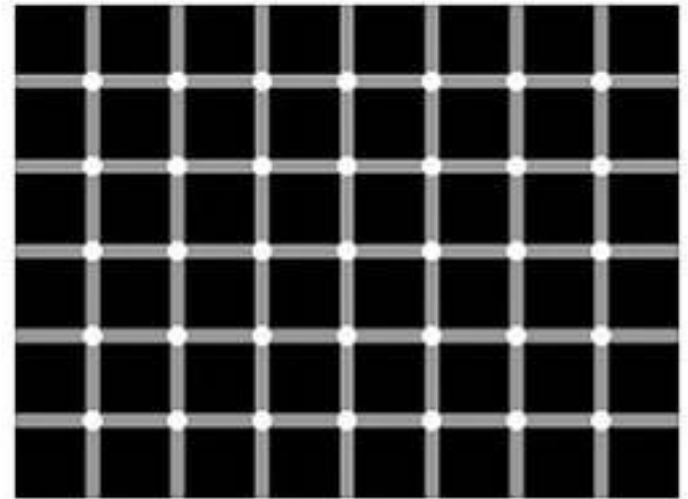
Ilusiones ópticas

Fuente: www.juegosdelogica.com



¿Las líneas horizontales son paralelas o están inclinadas?

Fuente: www.juegosdelogica.com

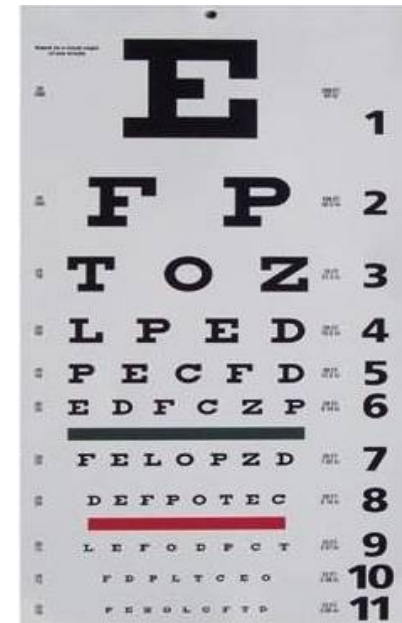


¿Cuántos puntos blancos puedes ver?

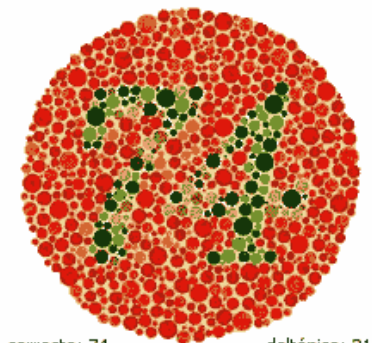
Generalidades

Visión

- Cuando se realizan exámenes directos, se deben de realizar evaluaciones periódicas de la visión del inspector. Prestando especial atención a:
 - Visión de cerca (Jaeger)
 - Visión de lejos (Snellen)
 - Diferenciación de colores.
- Cuando las evaluaciones las realiza una máquina, se deben de realizar chequeos similares.



Test de daltonismo



correcto: 74

daltónico: 21

Generalidades.

- Para obtener buenos resultados, el inspector o la máquina debe tener:
 - Conocimientos básicos de procesamiento, conformado, mecanizado y procesos de unión de materiales.
 - Conocer las fases de diseño, aplicación y servicio.
 - Instrucciones con criterios claros de aceptación y rechazo.

Aplicaciones.

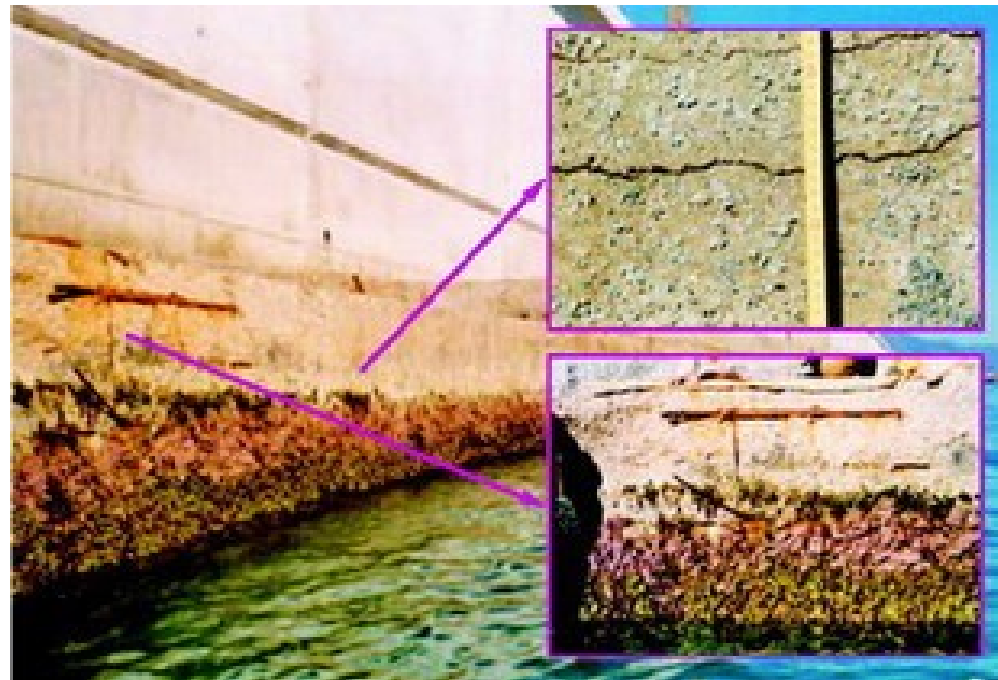
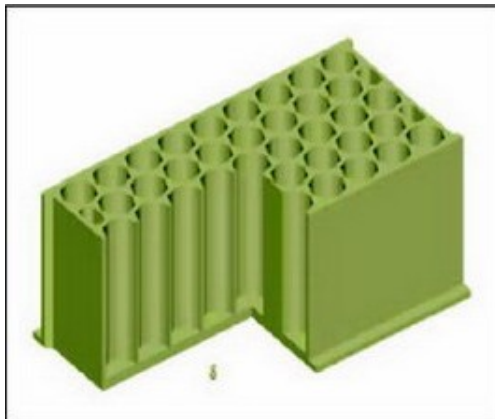
Las principales aplicaciones del examen directo van desde la simple observación de un producto en general para ver si está defectuoso hasta inspecciones detalladas de alguna característica en particular, tal como:

- Detección de anomalías superficiales tales como arañazos, exceso de rugosidad y áreas no cubiertas por la pintura o el recubrimiento.
- Detección de fracturas, porosidad, corrosión y otro tipo de grietas.
- Comprobación de dimensiones.
- Medidas de precisión.
- Detección de objetos extraños.
- Localización de componentes.

Aplicaciones

Detección de fisuras en estructuras de hormigón.

- El examen directo de piezas y componentes es muy efectivo para detectar fisuras.
- La foto superior muestra fisuras formadas en la estructura de hormigón de los cajones flotantes utilizados para la construcción de diques.



Fuente: CEDEX

Aplicaciones

Detección de fisuras en estructuras metálicas.

La inspección de estructuras metálicas se realiza por examen directo

- En este ejemplo, el examen visual de una escalera de emergencia revela un fallo en el tubo de la barandilla.
- El fallo se ha producido a consecuencia de la congelación del agua que había en su interior con la consiguiente dilatación.



Aplicaciones

Detección de fisuras en soldaduras.

- La calidad de las soldaduras se puede determinar mediante una inspección visual.
- Existen numerosas normas que establecen criterios de aceptación/rechazo para las soldaduras.



Fuente: Revista Ingeniería de
Construcción Vol. 23 N°3, Diciembre de
2008

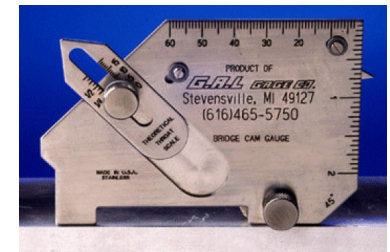
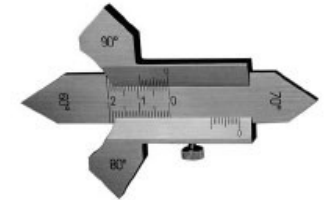
Aplicaciones Mediciones.

- La inspección visual es muy empleada para comprobación de dimensiones, holguras, y alineación entre componentes.
- Aplicaciones comunes incluyen determinar:
 - Tolerancias en soldaduras.
 - Dimensiones de piezas.
 - Alineamientos y deformaciones de materiales

Aplicaciones

Mediciones: Tolerancias en soldaduras.

- Las soldaduras se inspeccionan para verificar si cumplen con las especificaciones.
- Hay varios tipos de galgas para comprobar la preparación de la soldadura y el cordón resultante.
 - **Galga Hi-Lo:** Permite la medición de desalineamientos de la preparación en uniones a tope de chapas y tubos
 - **Galga Soldadura con calibre:** Permite la medición de espesores de garganta de las soldaduras en ángulo y sobreespesores de las soldaduras a tope. Los lados de la galga están conformados con ángulos de 60°, 70°, 80° y 90° para verificar por comparación el ángulo de preparación de uniones en V.
 - **Galga de soldadura en ángulo:** Permite la medición de longitudes de lado de las soldaduras en ángulo y espesores de garganta.
 - **Galga AWS:** Permite la medición de longitudes de lado de las soldaduras en ángulo, espesores de garganta y sobreespesores de las soldaduras a tope.
 - **Galga usos múltiples:** Conocida también como **Bridge Cam**, permite la medición de longitudes de lado de las soldaduras en ángulo, mordeduras, desalineamientos, espesores de garganta, sobreespesores de las soldaduras y ángulos de bisel (entre 0 y 60°).

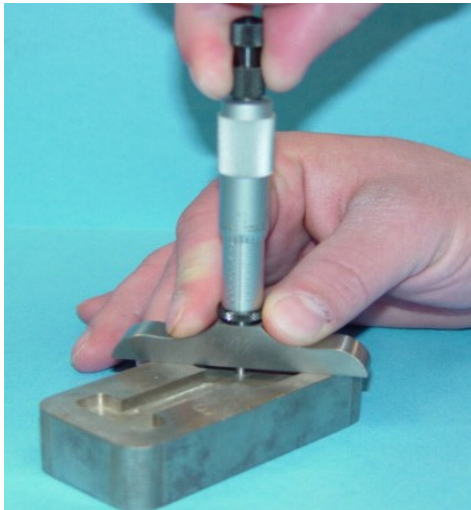


Fuente: Institut Tècnic Català de la Soldadura

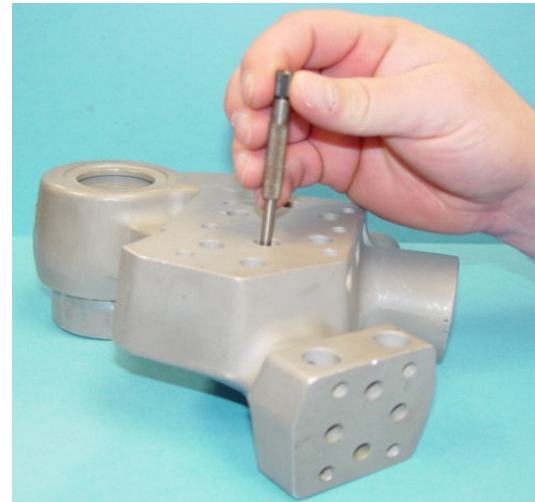
Aplicaciones

Mediciones: Comprobación dimensional.

Las dimensiones finales de las piezas fabricadas se comprueban usando instrumentos de medida, tales como calibres y galgas de precisión.



Medición de la profundidad de una ranura mecanizada con un micrómetro de



Determinación del diámetro de un agujero con un alargador

Aplicaciones

Mediciones: Alineamientos/Deformaciones.

- La inspección visual también se emplea para detectar holguras y deformaciones en piezas y materiales.
- Existen normas que establecen las tolerancias para estas holguras.
- Se debe realizar una inspección visual de las estructuras en el taller antes de su montaje en campo.
- Para la inspección se utilizan herramientas básicas. Por ejemplo, utilizando hilos se pueden conocer distancias y plomadas con la ayuda de un flexómetro. En este caso habrá que tomar medidas en varios puntos de la superficie para compararlos con las especificaciones.



En la imagen se muestra la inspección en busca de deformaciones y curvaturas en el alma de una viga fabricada con chapas.

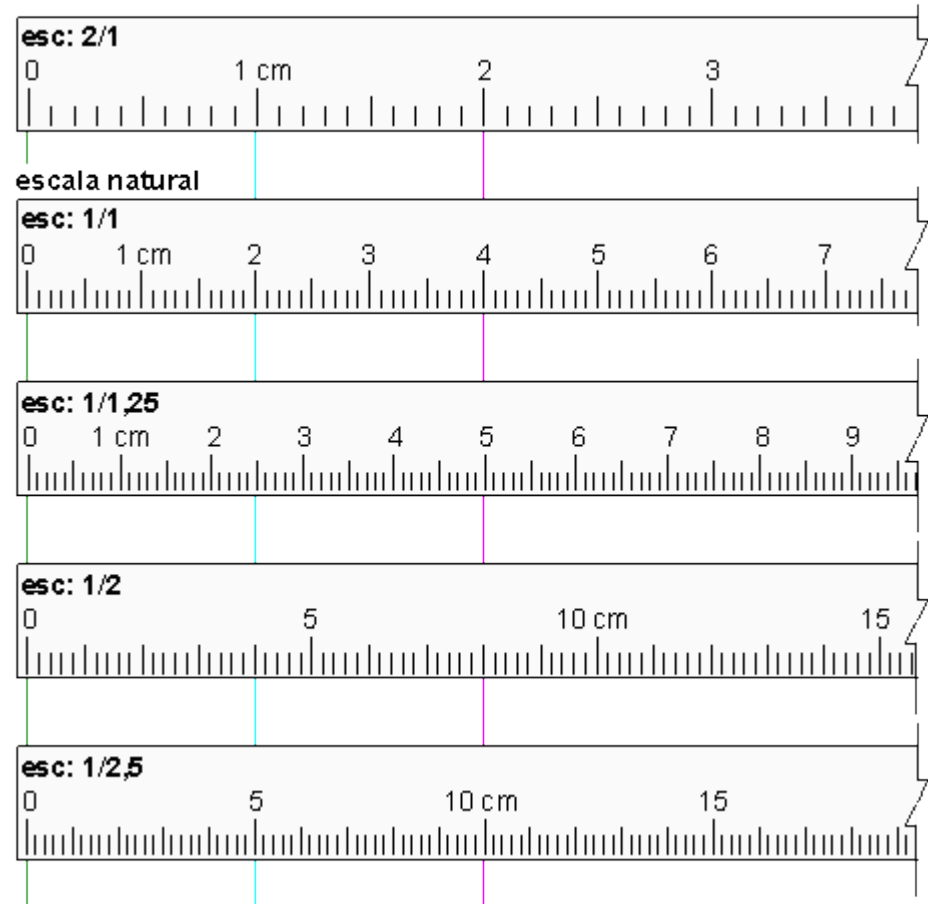
Equipos.

- El equipamiento para realizar inspecciones visuales es muy variado. Estos van desde los diversos tipos de reglas, flexómetros y calibres hasta boroscópios flexibles y robots con cámaras remotas.
- Algunas herramientas se diseñan para tareas específicas como por ejemplo las galgas de soldadura.
- Algunas herramientas más sofisticadas, como los robots, se utilizan para inspecciones en las que las técnicas habituales no son fáciles de utilizar.

Equipos

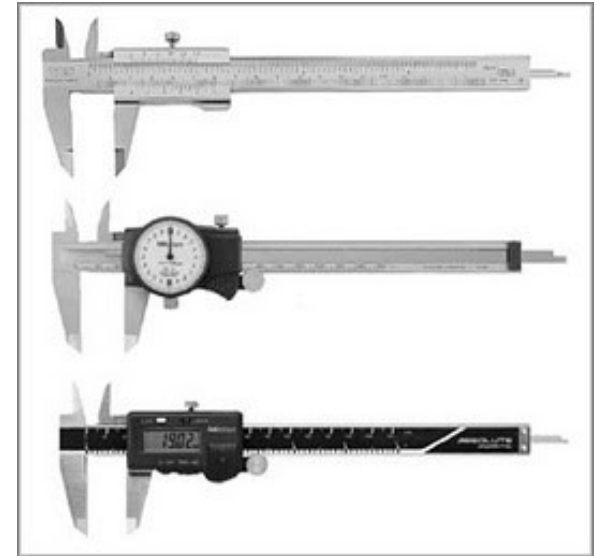
Reglas y escalímetros.

- La herramienta más común utilizada en la inspección visual es la regla ó escalímetro.
- Se utiliza para dimensiones lineales, permitiéndonos medir, cuando se utiliza correctamente, espesores de hasta 0.5 mm o menos.
- Las reglas se fabrican en una gran variedad de longitudes, anchuras y espesores.
- Pueden estar graduadas en pulgadas, en milímetros o en ambas.
- Escogeremos la regla a utilizar en función de su aplicación.



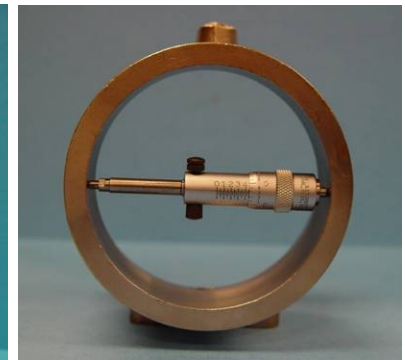
Equipos Pie de Rey.

- Los Pies de Rey se pueden considerar como una regla más avanzada, lo que permite una mayor precisión en las medidas.
- Algunos incluso incorporan un dial indicador o un indicador digital.
- Los Pies de Rey son muy utilizados para comprobar las dimensiones de piezas mecanizadas, desgastes de elementos en servicio y holguras entre ellos.



Equipos. Micrómetros.

- Los micrómetros son equipos para realizar medidas de precisión obteniendo lecturas directas en contacto con la pieza.
- Existen micrómetros de exteriores, interiores y de profundidad, también se fabrican en una gran variedad de formas y tamaños.
- Los micrómetros pueden tener una precisión de una centésima (0.01 mm) o de una milésima (0.001 mm).

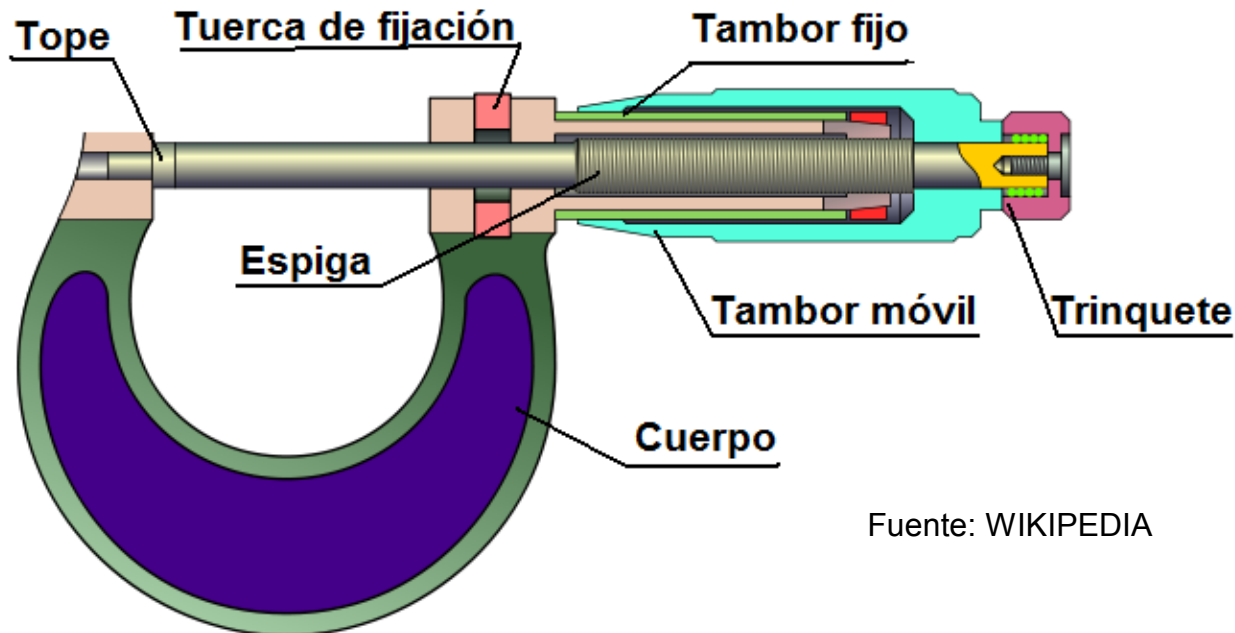


Fuente: www.ndt-ed.org.

Equipos

Partes de un micrómetro.

- **Cuerpo:** que constituye el armazón del micrómetro.
- **Tope:** que determina el punto cero de la medida
- **Espiga:** elemento móvil que determina la lectura del micrómetro.
- **Tuerca de fijación:** que permite bloquear el desplazamiento de la espiga.
- **Trinquete:** que limita la fuerza ejercida al realizar la medición.
- **Tambor móvil,** solidario a la espiga, en la que esta gravada la **escala móvil** de 50 divisiones.
- **Tambor fijo:** solidaria al cuerpo, donde esta grabada la **escala fija** de 0 a 25 mm.

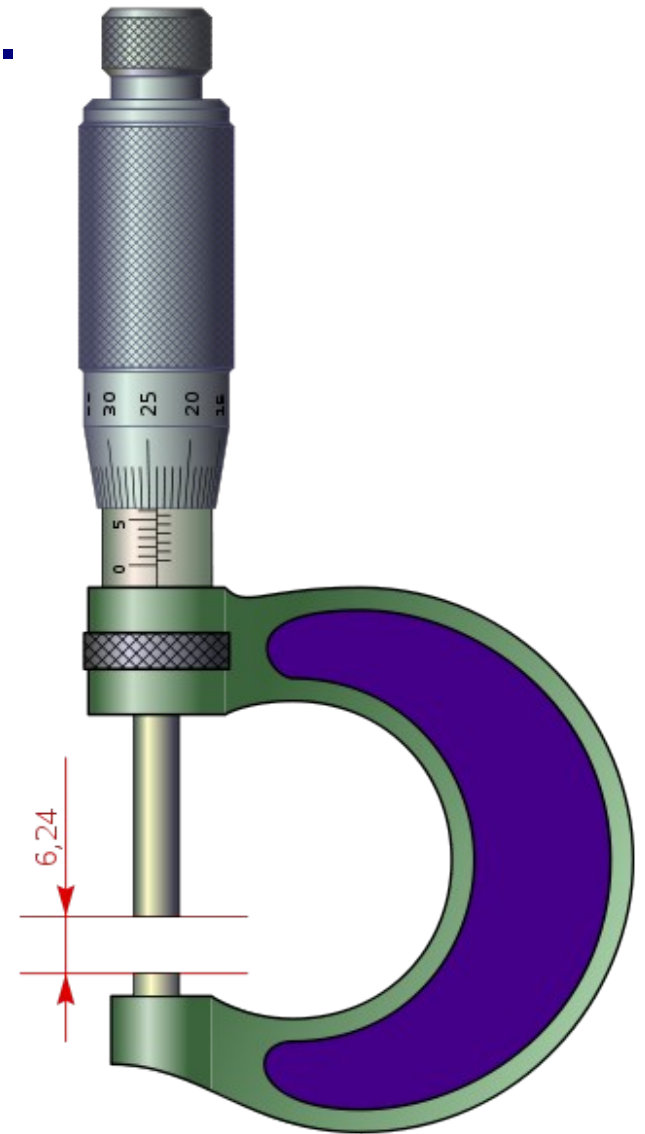


Fuente: WIKIPEDIA

Equipos Micrómetros.

Ejemplo:

- Las divisiones mayores, situadas en la parte superior del cilindro, representan los milímetros, en este caso vemos la división 6 (6 mm).
- Las dimensiones menores, situadas en la parte de abajo, representan media décima (0.5 mm) cada una, en este caso no vemos ninguna división.
- Cada división de la escala marcada en el tambor representa una centésima (0.01 mm) que habrán que sumar a las décimas obtenidas anteriormente, en este caso vemos 24 divisiones.
- Sumando los tres valores obtenemos la medida final (6.24 mm).

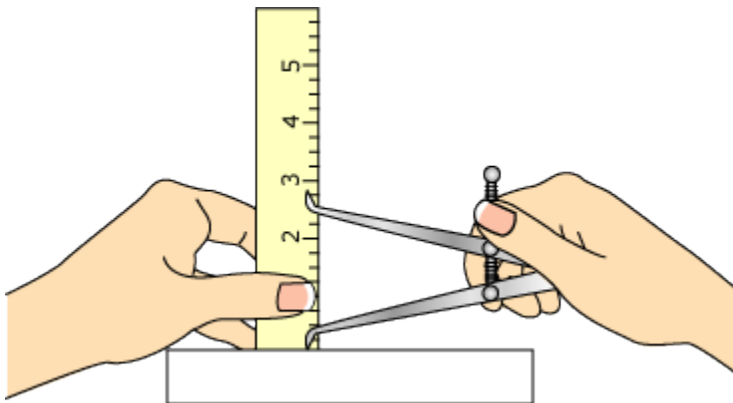


Fuente: WIKIPEDIA

Equipos

Medidas indirectas.

- Las herramientas para las medidas indirectas son las que se utilizan para trasladar una medida desde un instrumento de precisión hasta el objeto o viceversa.
- Pueden ser compases, alargos telescópicos, gramiles, etc.

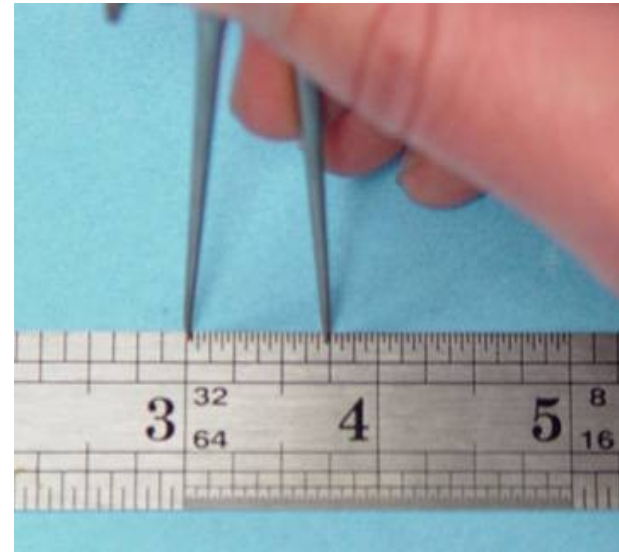


Fuente: www.ndt-ed.org.

Equipos

Medidas indirectas.

- Los compases de muelles pueden ser de exteriores o de interiores.
- Se utilizan para medir distancias entre y sobre las superficies.
- Se utilizan mucho en calderería para pasar las dimensiones o tamaños desde la pieza de trabajo hasta el instrumento medición, como se puede ver en el ejemplo de la imagen.
- Se mide la longitud de una grieta sobre la superficie irregular de un cordón de soldadura ayudándonos de un compás y luego se traslada la apertura obtenida a una regla graduada.

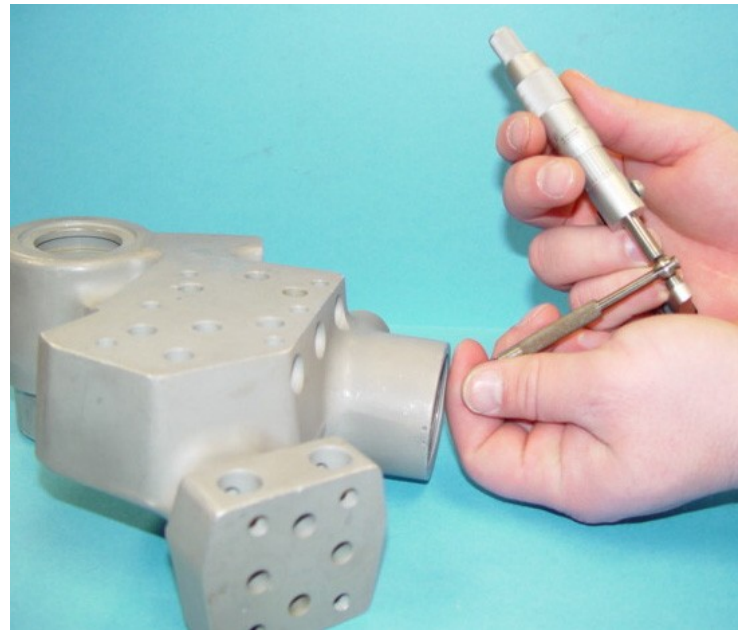
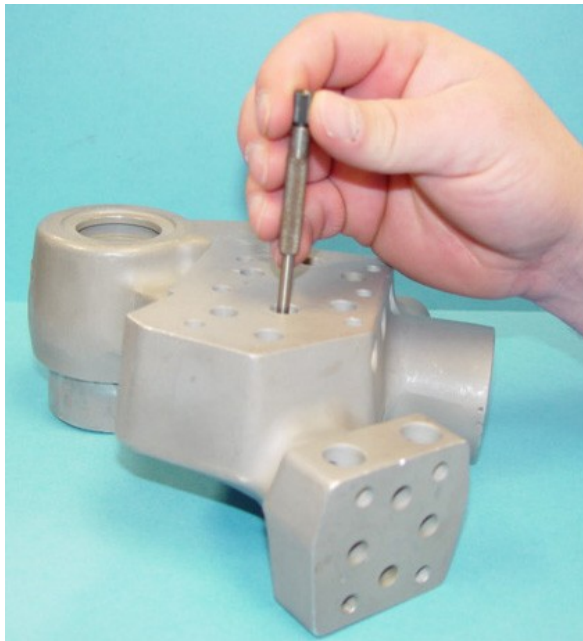


Fuente: www.ndt-ed.org.

Equipos

Medidas indirectas.

- Los alargues telescópicos son un tipo de herramientas utilizadas para medir pequeños agujeros ó cilindros.
- Se venden en lotes de varios de ellos que van desde los 0.5 mm hasta los 15 mm.
- La medida final se puede determinar por medio de un micrómetro.



Equipos

Medidas indirectas.

- El peine de roscas es una galga que se utiliza para hallar el paso de una rosca determinada.
- Este consiste en una chapa de acero con el perfil de la rosca troquelado en uno de sus extremos.
- Existe una galga para cada tipo de rosca.



Fuente: www.lamaneta.com



Equipos

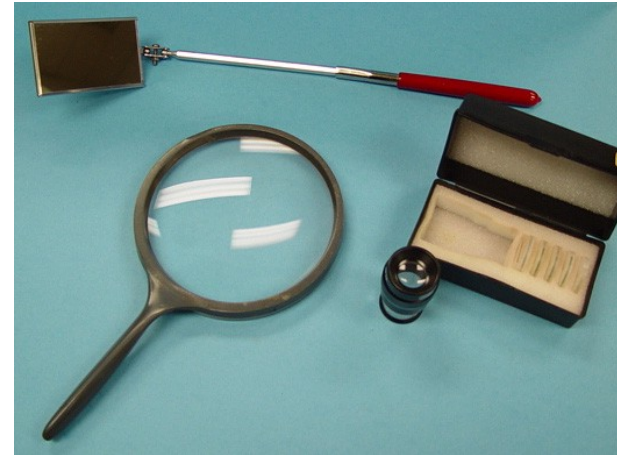
Aparatos ópticos.

- Muchas especificaciones indican que una inspección visual requiere el acceso a un área lo suficientemente amplia como para que la vista esté a medio metro aproximadamente de la superficie a examinar con un ángulo de no menos de 30° con respecto a esta.
- Cuando estas condiciones no se dan debemos recurrir a la inspección remota.
- La inspección remota se realiza con la ayuda de aparatos ópticos como espejos, lupas, endoscopios rígidos ó flexibles, etc.

Equipos

Aparatos ópticos: Lupas y espejos.

- Los espejos son utilizados en inspección visual para acceder a sitios de difícil acceso, como partes traseras de maquinas, accediendo a través de algún agujero.
- Las lupas ayudan al inspector agrandando el tamaño del objeto que está siendo examinado.
- Los comparadores son unas lupas con capacidad de medida. Algunos tienen escalas intercambiables lo que les permite medir diámetros, radios, ángulos, distancias, etc.



Equipos

Aparatos ópticos: Lámparas estroboscópicas.

Las lámparas estroboscópicas son fuentes especiales de luz usadas cuando se pretende examinar alguna circunstancia que sólo se presenta con el equipo en movimiento (fatiga por vibración, desgaste o corrosión por fricción, etc).



Equipos

Aparatos ópticos: Endoscopios.

- Los endoscopios son accesorios ópticos que se emplean para la inspección de superficies internas.
- Se utilizan para la inspección remota de motores a reacción, cilindros, tanques y otros sitios cerrados.
- Los endoscopios se fabrican en una gran variedad de diámetro y longitudes, clasificándose en rígidos o flexibles.
- En los equipos en los que los tiempos de parada han de ser breves, es imposible realizar el desmontaje de las piezas para su examen visual. En estos casos está justificada la utilización de endoscopios.
- Un sistema endoscópico está formado por una microcámara de video con una fuente luminosa incorporada, situadas en el extremo de un tubo flexible que se introduce en las zonas a inspeccionar.



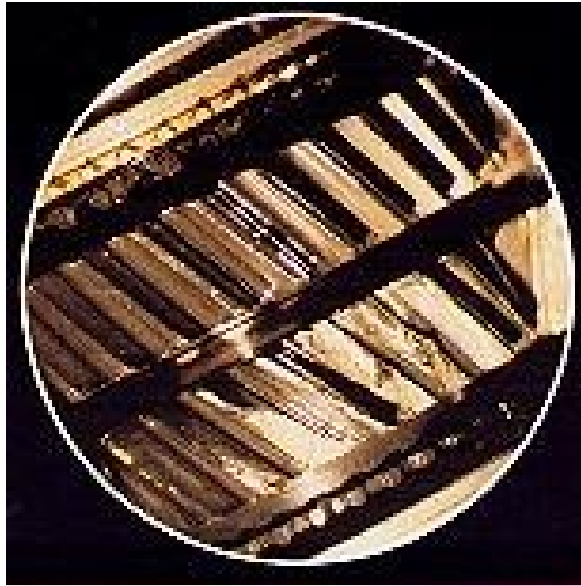
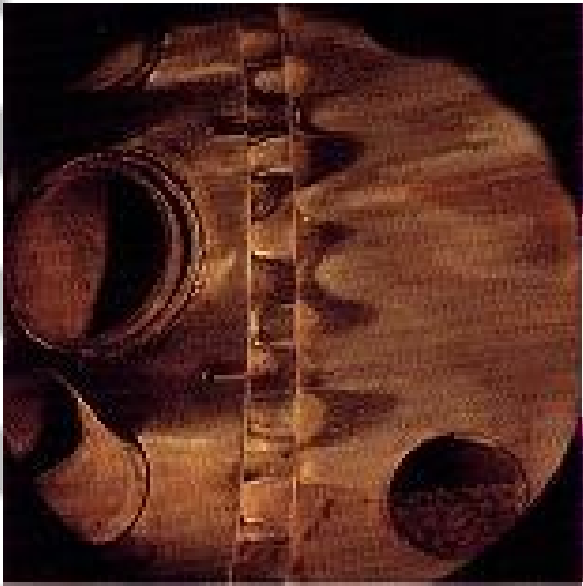
Fuente: Institut Tècnic Català de la Soldadura



Fuente: www.ndtespañol.org

Equipos

Aparatos ópticos: Endoscopios.



Fuente: LENOX

Equipos

Aparatos ópticos: Sistemas de vídeo.

- Los avances tecnológicos han dado lugar a equipos de vídeo adaptados a robots autónomos y sistemas portátiles.
- Los sistemas portátiles de video permiten a los inspectores acceder a sitios inaccesibles en los que es imposible la realización de una inspección visual convencional.
- Se han instalado cámaras a robots que son capaces de ir por tierra y sumergirse.
 - También se le pueden adaptar otras herramientas a los robots para que sean capaces de retirar objetos extraños.
- Se utilizan técnicas de grabación y almacenamiento convencionales para la mayoría de los métodos de inspección remota.



Equipos

Aparatos ópticos: Termografía.

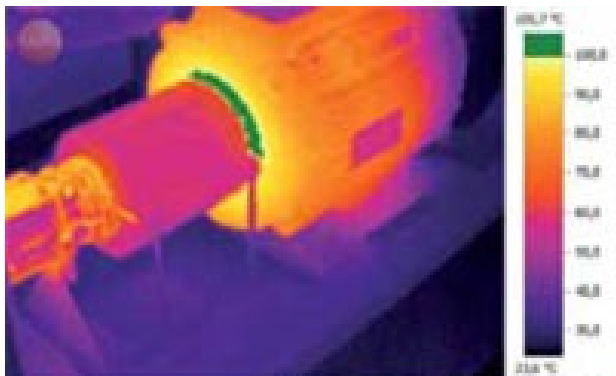
La Termografía es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.



Fuente: Instrumentos TEXTO, S.A.

Equipos

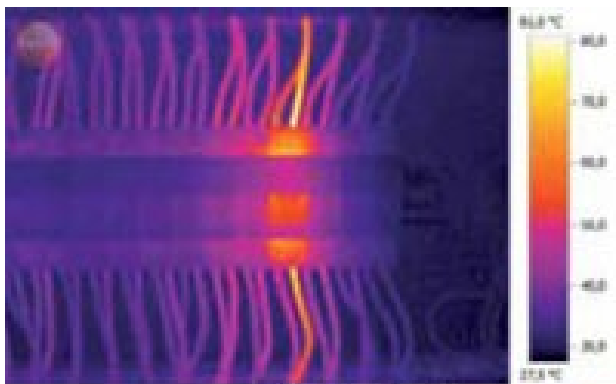
Aparatos ópticos: Termografía.



Mantenimiento mecánico



Monitorización niveles llenado



Mantenimiento eléctrico



Gestión de calidad



Fuente: Instrumentos
TEXTO, S.A.

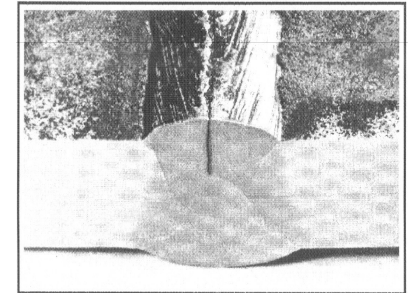
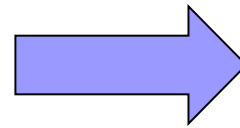
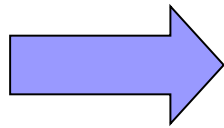
Macroscopía.

- Una fase importante de la metalografía óptica es el examen macroscópico que, realizado a ojo desnudo o con ayuda de un microscopio de pocos aumentos, permite la observación de los detalles más groseros de un metal.
- Los aumentos empleados son, usualmente, inferiores a 50.
- El examen macroscópico de los metales y sus aleaciones es la evaluación a gran escala de las heterogeneidades en composición química, cristalinas y de densidad, que pueden ocurrir durante:
 - La solidificación,
 - Los tratamientos termomecánicos,
 - Los tratamientos térmicos,
 - Los procesos de soldeo.
 - Bajo condiciones de servicio.

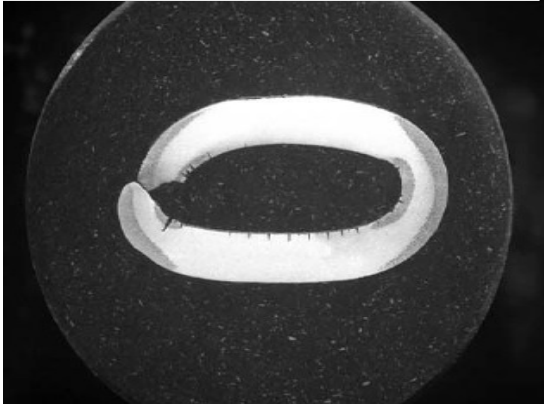
Macroscopía.

Preparación de muestras Macroscópicas.

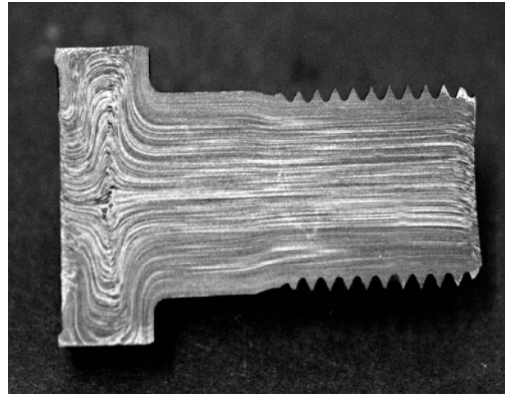
1. Obtención de la muestra.
2. Preparación de la superficie (ligero lijado).
3. Ataque con reactivos. (*) No necesario para observar grieta soldadura.
4. Observación con o sin lupa.



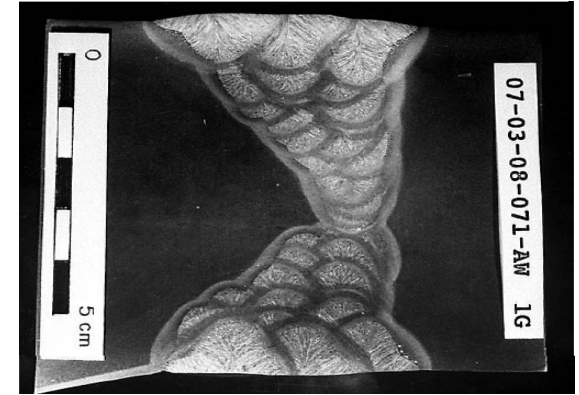
Macroscopía.



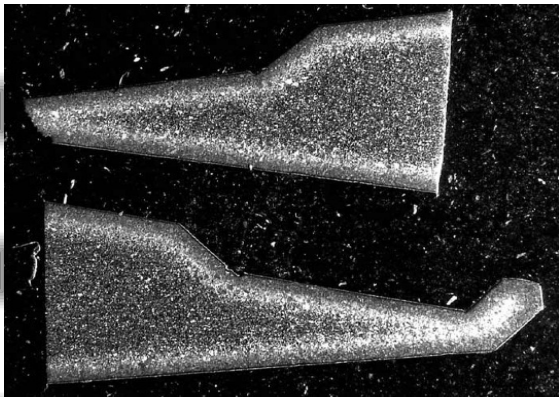
Agrietamiento por deformación



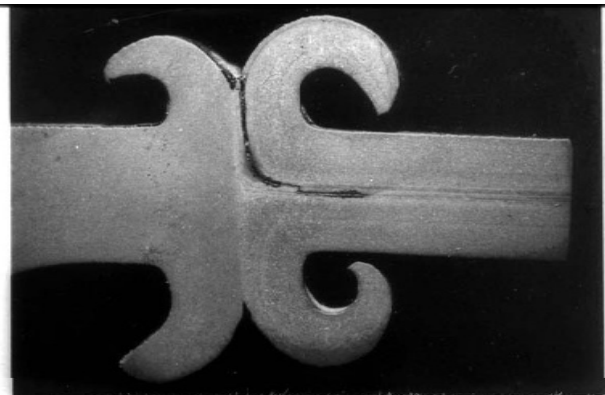
Fibrado mecánico acero



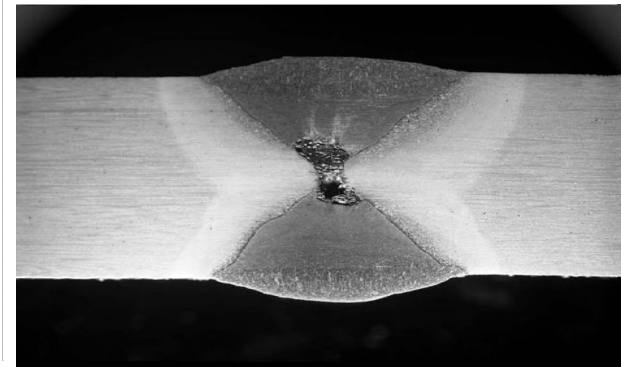
Número de pasadas de soldadura



Heterogeneidad por tratamiento superficial



Heterogeneidad por segregación del manganeso



Defectos en soldadura

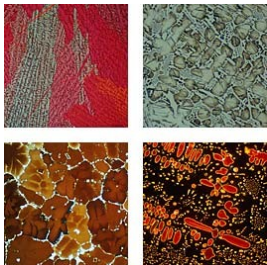
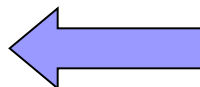
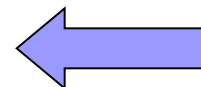
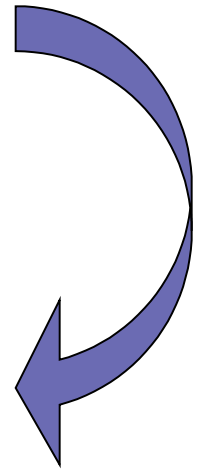
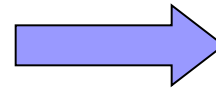
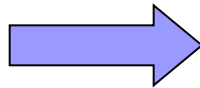
Microscopía

- Es una herramienta para visualizar la microestructura del material, con el fin de identificar sus características y la existencia de defectos.
- La inspección mediante microscopio no puede ser aplicada directamente sobre la pieza a estudiar, sino que requiere extraer unas muestras del material, de dimensiones y preparación adecuadas. Por tanto es necesario seccionar una porción de la pieza a examinar.
- En general, es suficiente con la microscopía óptica para detectar la mayoría de los defectos macrográficos en los materiales. Otras veces, el nivel de detalle requerido en la inspección, exige la utilización de microscopios electrónicos, que ofrecen unas posibilidades de aumento de imagen muy superiores.

Microscopía.

Preparación de muestras Microscópicas.

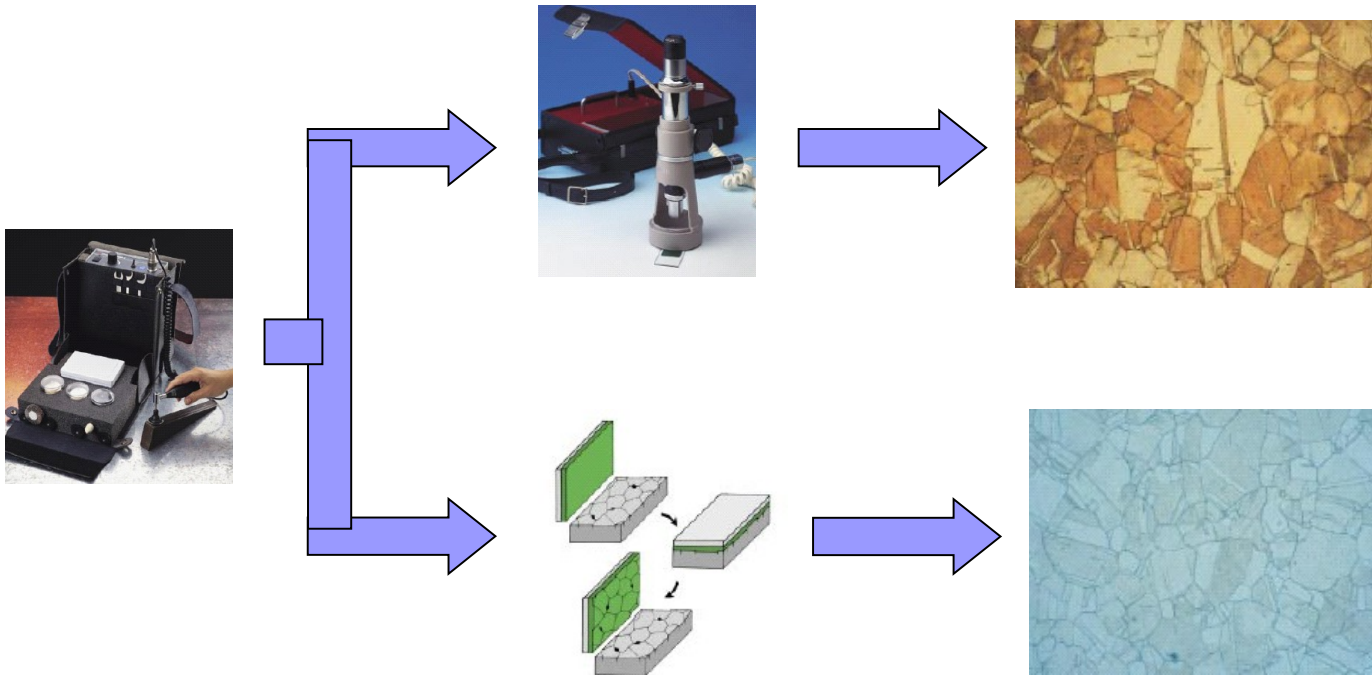
1. Obtención de la muestra.
2. Empastillado.
3. Etiquetado.
4. Preparación de la superficie.
5. Ataque con reactivos.
6. Observación microscópica.



Microscopía.

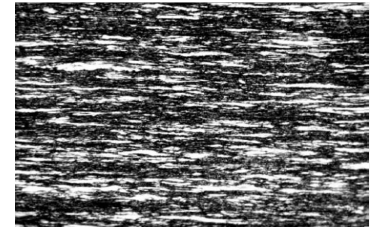
Preparación de muestras Microscópicas. In Situ.

1. Preparación de la superficie.
2. Ataque con reactivos. (*) Cobre puro atacado con Cloruro de Cu.
3. Observación microscópica u obtención de réplica.



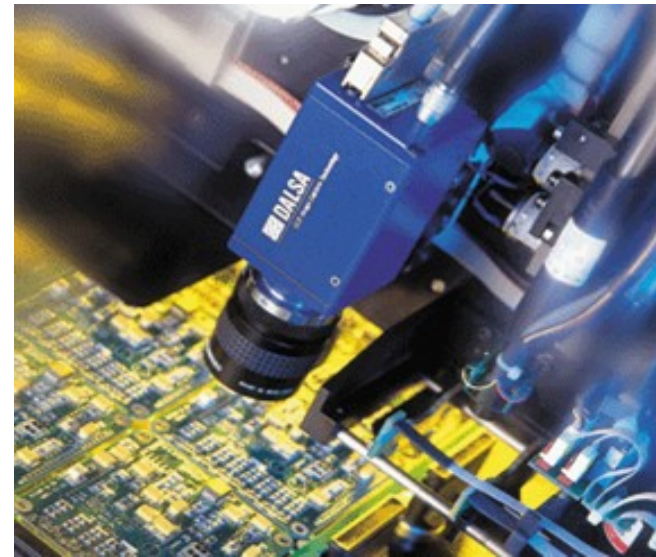
Microscopía.

- Mediante la observación microscópica es posible definir:
 - si la aleación esta constituida por una o varias fases.
 - la configuración y tamaño del grano.
 - el tamaño, forma, distribución y número de fases en la aleación, de las inclusiones no metálicas, y del grafito en las fundiciones de hierro.
 - la presencia de segregaciones y defectos asociados, y otras heterogeneidades que tan gravemente pueden afectar a las propiedades mecánicas y a su comportamiento en general,



Fuente: Centro Tecnológico del Metal Murcia

Visión artificial.



Visión artificial – Generalidades

- La visión artificial utiliza un sistema de visión para obtener la imagen y un ordenador para analizarla y tomar decisiones.
- Gracias a la visión artificial se pueden procesar las muestras con gran precisión, llegando a conclusiones muy certeras sobre los métodos de inspección adicionales que se les deben realizar a las muestras.
- Este tipo de inspección elimina el error humano proveniente de la dificultad, la monotonía o la falta de atención. Otra ventaja es que estos procedimientos se pueden utilizar durante las 24 horas del día.

Visión artificial – Generalidades.

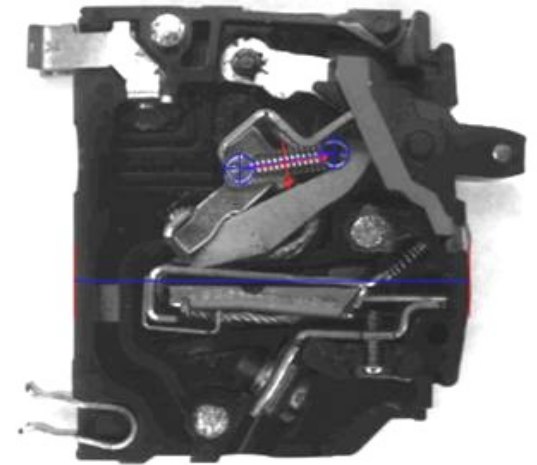
Las fases comunes de todos los procesos son:

- **Adquisición de la imagen:** Un sistema óptico capta la imagen, que se convierte a formato digital y se almacena en la memoria del ordenador.
- **Procesamiento de la imagen:** El ordenador utiliza varios algoritmos para realzar los elementos de la imagen más importantes.
- **Identificación de características:** El ordenador identifica y cuantifica las características críticas en la imagen (p.e. la posición de los agujeros en un circuito impreso, el número de pins de un conector, la orientación de un componente sobre su base) y envía los datos al programa de control.
- **Decisión y control:** El programa de control toma la decisión en función de los datos. ¿están todos los agujeros que son necesarios?; ¿Hay algún pin roto?.

Visión artificial – Aplicaciones.

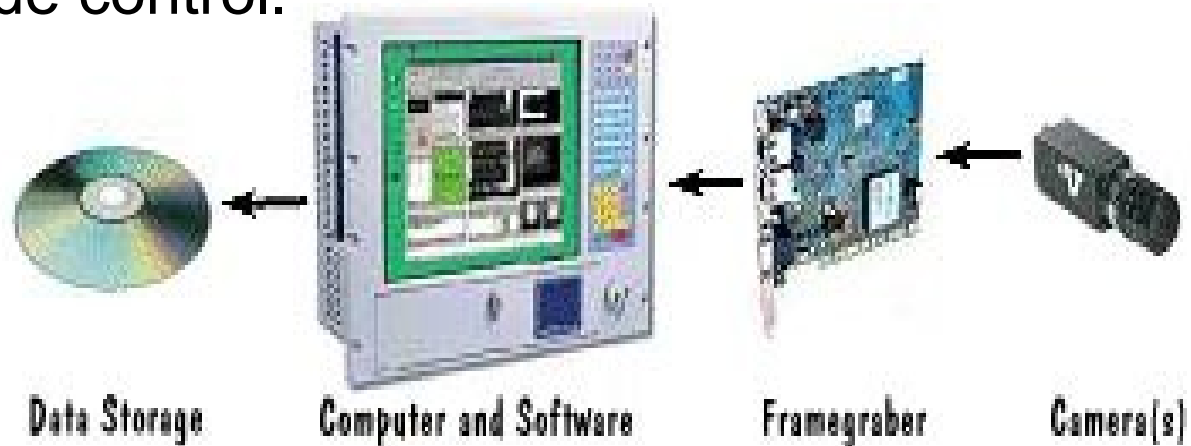
La visión artificial se usa principalmente en tareas de producción donde se requiere la inspección de un gran número de componentes en unas condiciones tipo constantes. Entre las principales aplicaciones tenemos:

- Supervisión de líneas de montaje
- Inspección de superficies.
- Verificación de colores y espesores de etiquetas.
- Confirmación de un buen etiquetado de medicamentos, comidas y otros productos.
- Comprobación de dimensiones.



Visión artificial - Equipos

- La visión artificial utiliza un gran número de componentes que dependen de la aplicación y las condiciones ambientales. Sin embargo los siguientes componentes son comunes a cualquier sistema de visión.
 - Cámara
 - Un sistema de grabación.
 - Un ordenador.
 - Un software de control.



Ventajas de la I.V.

- ✓ Se puede utilizar en casi todo tipo de materiales.
- ✓ Simple de aplicar.
- ✓ Bajo coste, (dependiendo de la aplicación).
- ✓ Rápida.
- ✓ Se puede automatizar.

Inconvenientes de la I.V.

- ✓ La falta de accesibilidad de muchos elementos del equipo en examen.
- ✓ La necesidad, en muchas ocasiones, de interrumpir el servicio del equipo a examinar.
- ✓ A menudo, el desmontaje total o parcial del equipo en estudio.
- ✓ Sólo permite observar defectos superficiales, pasando inadvertidos los fallos internos del material, o bien aquellos que quedan ocultos por la pintura, el óxido o la suciedad.
- ✓ Requiere una gran experiencia