

ENsayos no destructivos

CIENCIA DE LOS MATERIALES 2025

Ensayos No Destructivos

Los ensayos no destructivos se utilizan en la industria para evaluar la integridad y las propiedades de materiales o componentes sin dañar el objeto que se esté investigando.

Los END son un instrumento fundamental para el control de calidad, la seguridad y la fiabilidad de distintos componentes usados en los equipos.

Ensayos No Destructivos

El uso de un material depende de propiedades características que los ensayos destructivos han demostrado que posee.

Sin embargo, no existe ninguna seguridad de que la pieza utilizada sea igual a las ensayadas, en lo que respecta a la ausencia de defectos.

Ensayos No Destructivos

Existen dos tipos de “Ensayos no Destructivos”:

- ❖ Aquellos utilizados para localizar defectos.
- ❖ Y los utilizados para determinar características dimensionales o físicas.

Ensayos No Destructivos

Dentro de las técnicas utilizadas para la detección de defectos podemos nombrar:

- ❖ Inspección Visual
- ❖ Tintas Penetrantes
- ❖ Radiografía Industrial
 - Rayos X
 - Rayos γ (gamma)
- ❖ Partículas Magnéticas
- ❖ Ultrasonido

Ensayos No Destructivos

Inspección visual:

- ❖ La inspección visual es una técnica que permite detectar defectos a simple vista.
- ❖ Para complementar esta metodología se pueden utilizar lentes magnificadoras de baja potencia.
- ❖ Lupas Estereoscópicas, microscopios equipados con aditamentos fotográficos usados para obtener registros permanentes de los defectos, zonas dudosas y variaciones estructurales.
- ❖ Esta técnica se usa en aplicaciones industriales, medicina, aviación, etc.

Ensayos No Destructivos

Inspección visual:

Según la posibilidad de acceso que tenga la persona que realiza la inspección podemos decir que tenemos:

- ❖ **INSPECCIÓN VISUAL DIRECTA.** La inspección se hace a una distancia corta del objeto, aprovechando al máximo la capacidad visual natural del inspector. Se usan lentes de aumento, microscopios, lámparas o linternas, y con frecuencia se emplean instrumentos de medición como calibres, pies de rey, micrómetros, reglas y galgas.

Ensayos No Destructivos

Inspección visual:

- ❖ **INSPECCIÓN VISUAL REMOTA.** La inspección visual remota se utiliza en aquellos casos en que no se tiene acceso directo a los componentes a inspeccionar, o en aquellos componentes en los cuales, por su diseño, es muy difícil tener acceso a sus cavidades internas. Para la inspección visual remota es requerido el empleo de instrumentos tales como endoscopios rígidos, endoscopios flexibles, videoscopios, boroscopios y fibroscopios con los cuales se puede llegar a la mayoría de las cavidades internas y lugares inaccesibles para el inspector.

Ensayos No Destructivos

Ejemplos de equipos utilizados:

- ❖ Lupa común



- ❖ Lupa Estereoscópica



Ensayos No Destructivos

Ejemplos de equipos utilizados:

- ❖ Microscopios equipados con aditamentos fotográficos.
- ❖ Boroscopio



Ensayos No Destructivos

Ejemplos de equipos utilizados:

- ❖ Endoscopio flexible o fibroscopio



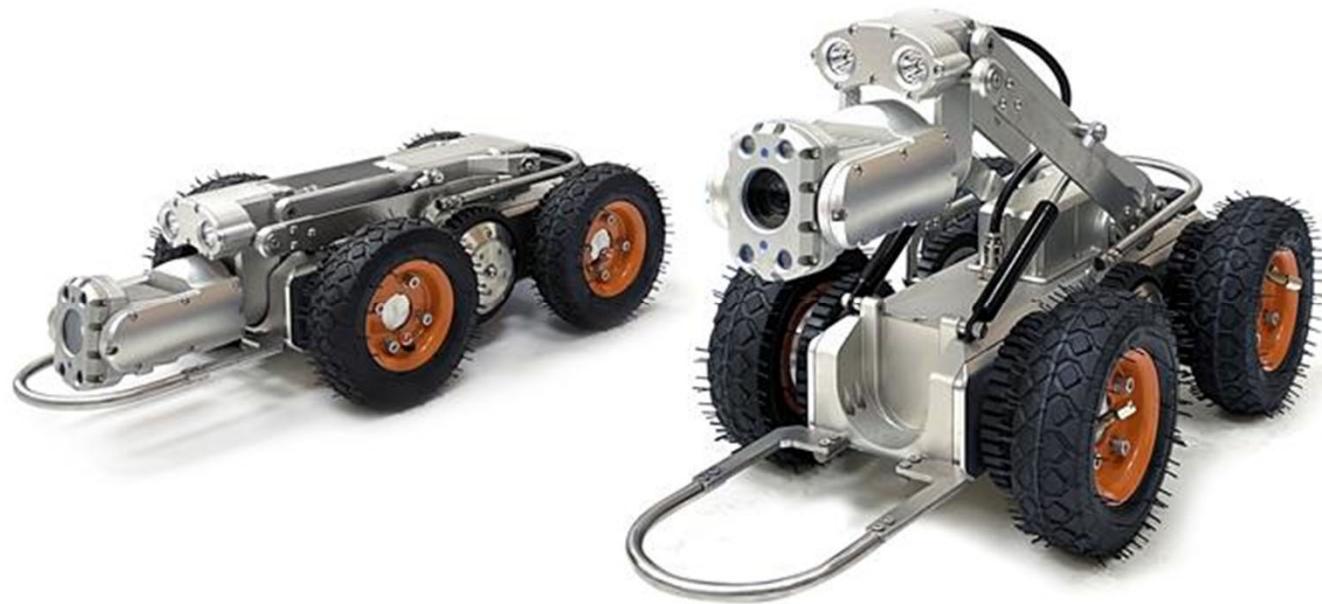
- ❖ Endoscopio rigido



Ensayos No Destructivos

Ejemplos de equipos utilizados:

- ❖ Robot para inspección de cañerías



Ensayos No Destructivos

Ejemplos de equipos utilizados:

- ❖ Robot para inspección de cañerías



Ensayos No Destructivos

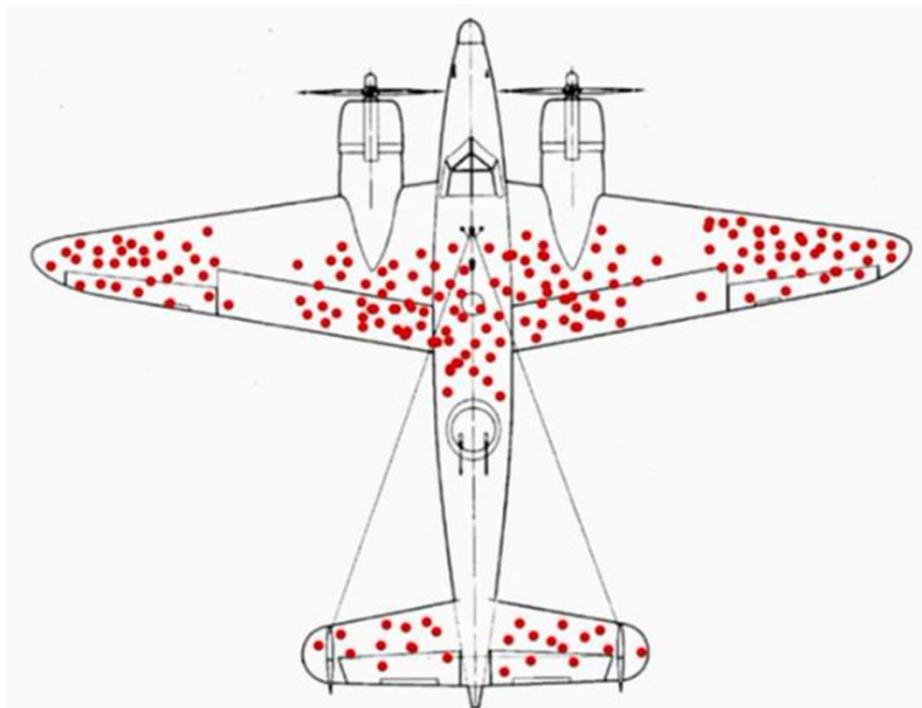
Ejemplos de uso de la inspección visual:

- ❖ Durante la Segunda Guerra Mundial, se comenzó una iniciativa para reducir la cantidad de bombarderos derribados por el enemigo. Para ello los Aliados tomaron nota de dónde sufrían más daños los aviones que regresaban. La lógica de ello era que con esos datos podrían tomar una decisión de qué partes reforzar del avión y reducir así las bajas.

Ensayos No Destructivos

Ejemplos de uso de la inspección visual:

- ❖ El esquema que resultó de aquel análisis fue lo siguiente:



Ensayos No Destructivos

Cuidado con las conclusiones erróneas

- ❖ Para muchos la conclusión era obvia: se trataba de reforzar las puntas de las alas, los timones y el centro del avión, que, de acuerdo al esquema, era donde más disparos recibían los aviones.
- ❖ Abraham Wald, un estadístico que trabajaba para defensa, hizo una observación totalmente opuesta a lo que se pensaba: propuso reforzar la cabina, los motores y la parte trasera del cuerpo.

Ensayos No Destructivos

- ❖ ¿Por qué reforzar esas áreas donde no observaba impacto alguno? Lo que no habían considerado el resto es que había un sesgo clave al hacer el análisis: solo estaban observando los aviones que regresaban. Wald supuso que la distribución de los impactos sería más o menos homogénea.
- ❖ Todos veían en estos esquemas impactos en las zonas que no eran vitales. Entonces, a pesar de sufrir grandes daños, los aviones conseguían volver a base. En cambio, si un avión recibía grandes daños en cabina, motores y cola, era derribado y consecuentemente, al no poder regresar a base, no eran considerados en el estudio.

Ensayos No Destructivos

Ejemplos de uso de la inspección visual:

Inspección de tuberías de proceso por ASME B31G

❖ <https://youtu.be/-e8dKBqNxel>

Cámara Endoscopio WiFi Celular Tuberías Industriales

❖ <https://www.youtube.com/watch?v=i0G22CFHjQk>

Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

Es un método para detectar discontinuidades abiertas a la superficie.

Las discontinuidades superficiales tales como grietas, costuras, traslapes, laminaciones, o falta de adhesión son indicadas por estos métodos. Son aplicables a la inspección en proceso, final y de mantenimiento.

Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

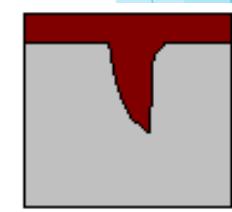
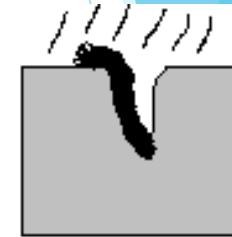
Los líquidos usados ingresan por pequeñas aberturas, tales como fisuras o porosidades, por acción capilar. La velocidad y la extensión de esta acción dependen de propiedades tales como tensión superficial, la cohesión, la adhesión y la viscosidad.

Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

Pasos a seguir para realizar el ensayo

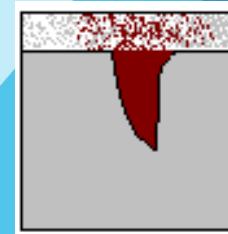
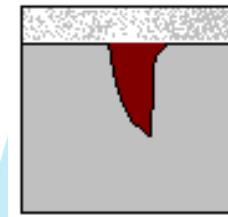
1. Las piezas a examinar deben ser limpias y de superficie seca.
2. Se pintan o impregnán con un líquido fuertemente coloreado o fluorescente.



Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

3. Pasados unos minutos de la operación anterior, se limpia el excedente del líquido colorante o fluorescente, con lo cual éste habrá quedado retenido tan sólo en la grieta o falla.
4. Se cubre la superficie examinada con revelador, generalmente blanco.
5. El revelador absorbe el colorante de la grieta, señalándola nítidamente.



Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

Tintas
penetrantes
comunes vistas
con luz común



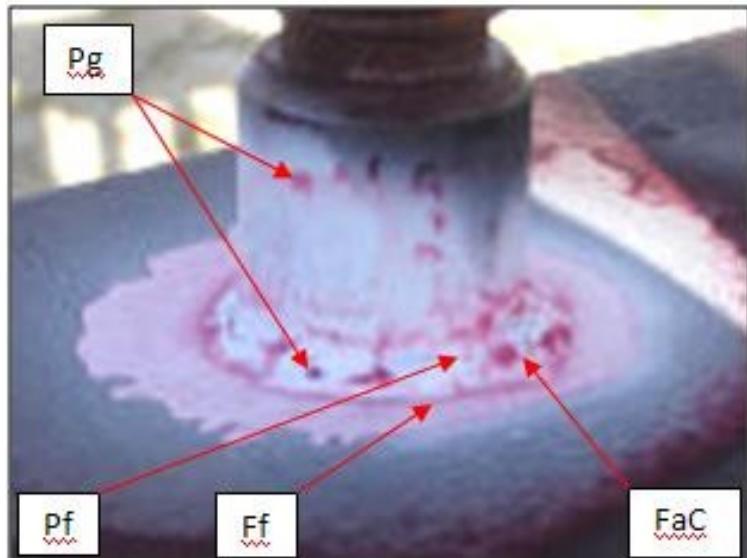
Tintas
fluorescentes
vistas con luz
negra



Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

- LÍQUIDOS PENETRANTES COLOREADOS



En la figura se observa una pieza soldada a una base, examinada con líquido penetrante rojo. En la pieza se distinguen principalmente poros gruesos (Pg). Mientras que en la unión soldada se destacan fisuras anchas conectadas con cavidades (FaC), poros finos (Pf) y fisuras finas (Ff).

Ensayos No Destructivos

Tintas Penetrantes:

- LÍQUIDOS PENETRANTES FLUORESCENTES



Ensayos No Destructivos

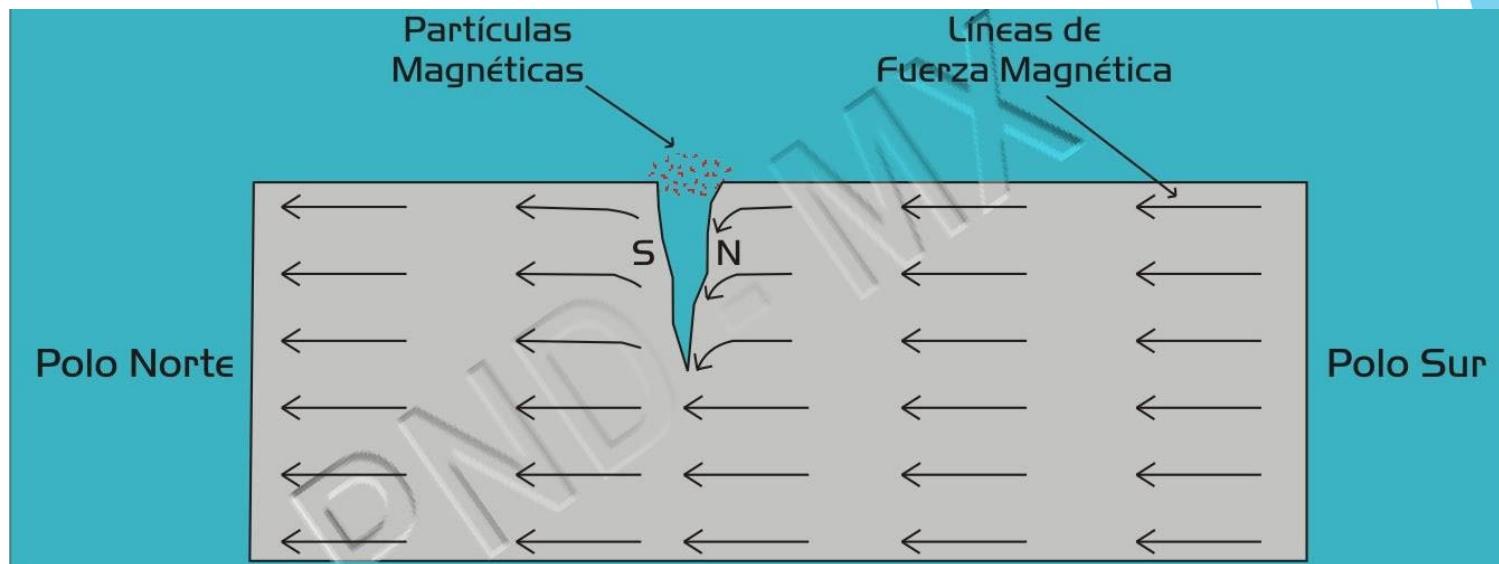
Partículas Magnéticas:

El método de partículas magnéticas se basa en que toda partícula ferrosa susceptible de ser magnetizada al entrar en contacto con un imán se orienta de acuerdo con su respectiva polaridad y sigue las líneas de fuerza del campo magnético.

Dichas líneas se interrumpen tan pronto como en el cuerpo principal se presenta alguna discontinuidad en forma de grieta. Tanto sea superficial o subsuperficial, en sus inmediaciones, se producirá una acumulación de partículas.

Ensayos No Destructivos

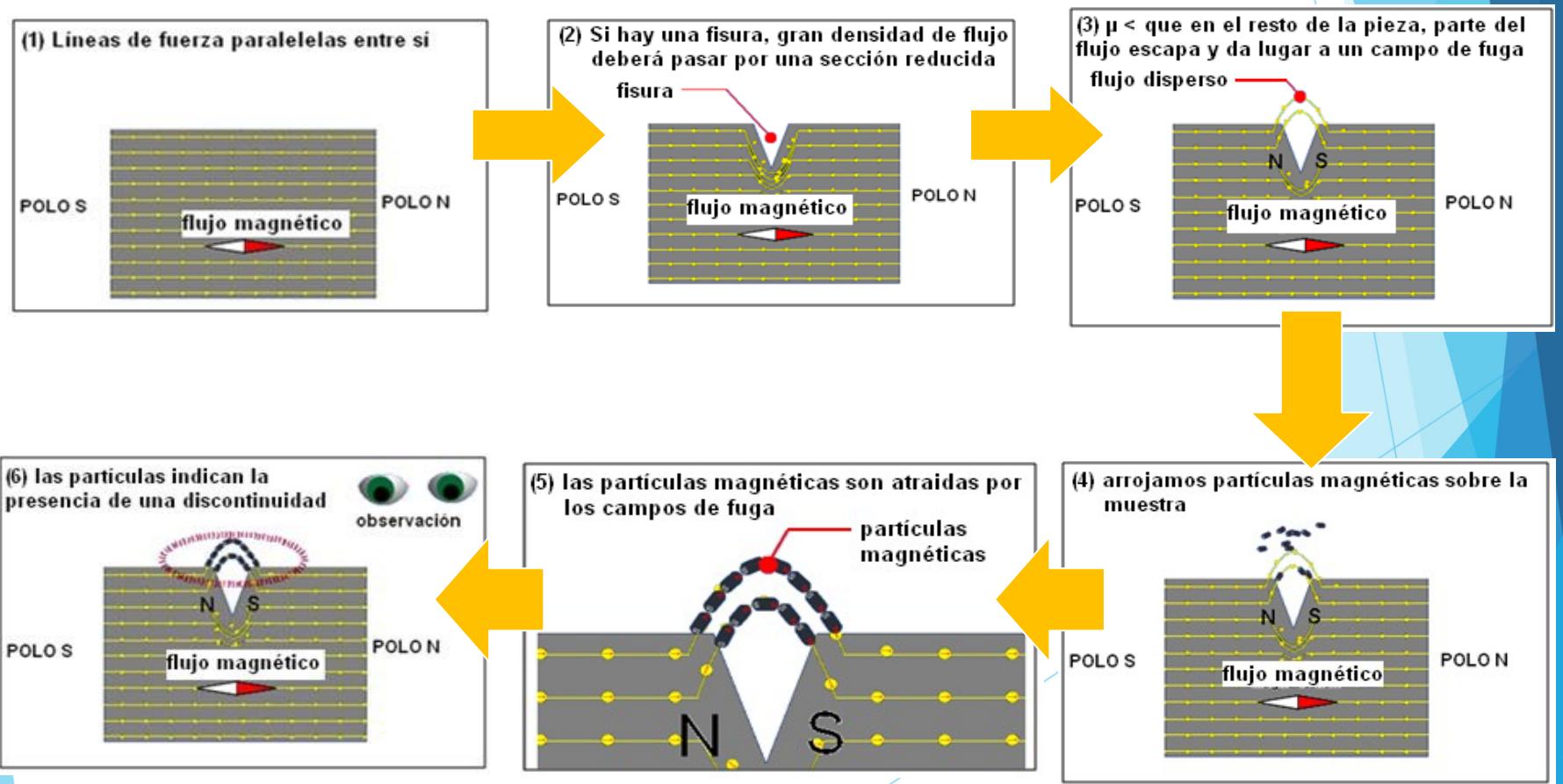
Partículas Magnéticas:



Ensayos No Destructivos

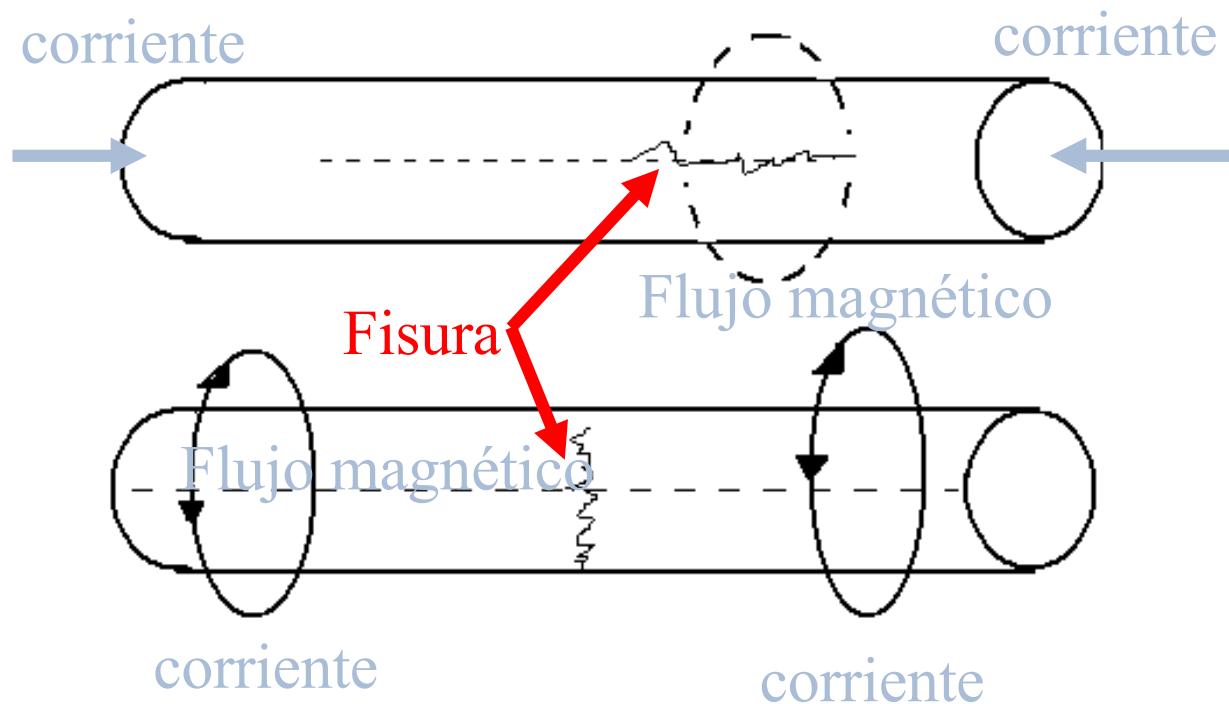
Partículas Magnéticas:

Síntesis del método



Ensayos No Destructivos

Partículas Magnéticas:



Ensayos No Destructivos

Partículas Magnéticas:



Ensayos No Destructivos

Ejemplos de uso de partículas magnéticas:

Procedimiento con partículas magnéticas secas

- ❖ https://youtu.be/dZgI9QOI_w?si=MSudHFZDIYaW8v2r

Inspección de ejes rotativos con partículas magnéticas y ultrasonido

- ❖ <https://youtu.be/6I91xbiPrtk?si=9q0ZKYzgQzraYy-o>

Partículas magnéticas, cómo detectar imperfecciones

- ❖ <https://youtu.be/K-I5D8iyOpo>
- ❖ <https://youtu.be/4krigblhubE>

Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

El ultrasonido se emplea en los ensayos no destructivos para detectar discontinuidades tanto en la superficie como en el interior de los materiales.

Es una forma de energía vibrante.

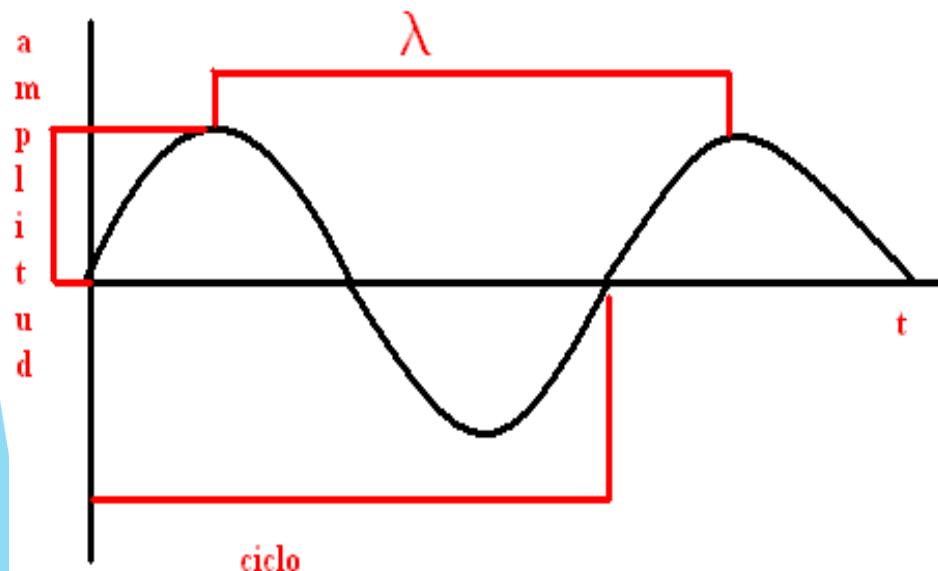
10 a 20.000 Hz → ondas sonoras

> 20.000 Hz → ultrasonidos

Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

Parámetros que definen una onda ultrasónica



- Longitud de onda λ
- Ciclo
- Frecuencia f
- Periodo $T = 1/f$
- Velocidad de propagación $c = \lambda * f$
- Amplitud

Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

Generación de la onda

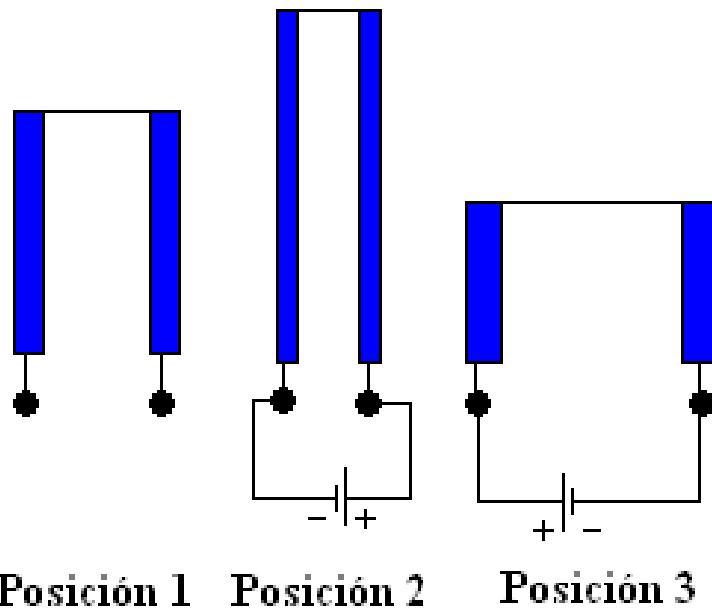
Las ondas ultrasónicas se generan por el llamado efecto piezoeléctrico.

Si aplicamos una tensión a una plaquita de material piezoeléctrico, esta se contraerá o se dilatará en función de la polaridad de la tensión.

Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

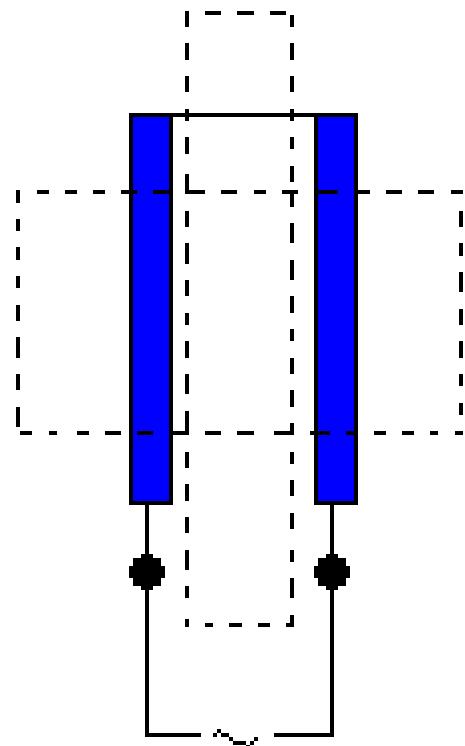
Generación de la onda



Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

Generación de la onda



Si se aplica una corriente alterna, la plaquita se contraerá o se dilatará con la frecuencia, obteniéndose además ondas ultrasónicas debido a la vibración del cristal.

Cuando la plaquita es sometida a una presión de sonido, genera una pequeña tensión eléctrica

A la plaquita externa se la denomina Transductor

Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

Atenuación

Pérdida de energía que sufre el haz ultrasónico. Es función del elemento atravesado por el haz.

Impedancia Acústica (Z)

Es la resistencia que opone un material al ser atravesado por un haz ultrasónico.

$$Z = \rho \cdot c$$

Ensayos No Destructivos

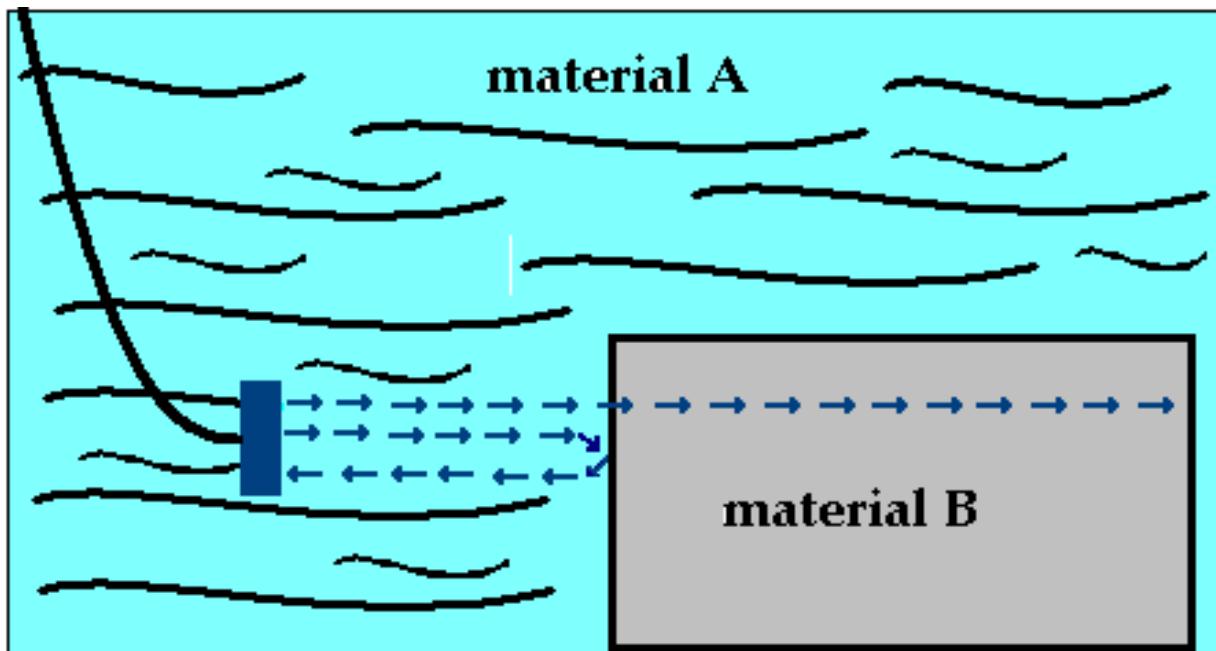
Ultrasonido:

Si el haz atraviesa dos materiales de diferente impedancia acústica, al llegar a la superficie de separación una parte se refleja y otra parte pasa.

Si las impedancias acústicas de los diferentes materiales son parecidas, la mayor parte del haz pasará de un material a otro. En cambio si las impedancias acústicas son diferentes pasará todo lo contrario.

Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:



Ensayos No Destructivos

Ultrasonido:

Procedimientos utilizados

- ❖ Procedimiento de impulsos y sus ecos
- ❖ Procedimiento de transmisión

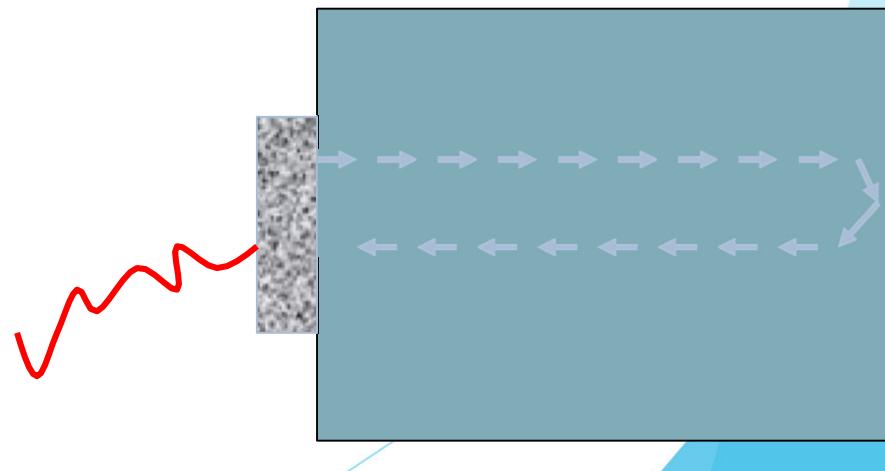


Ensayos No Destructivos

Ultrasonido: Procedimiento de impulso y su eco

Se utiliza un transductor que funciona como emisor y receptor.

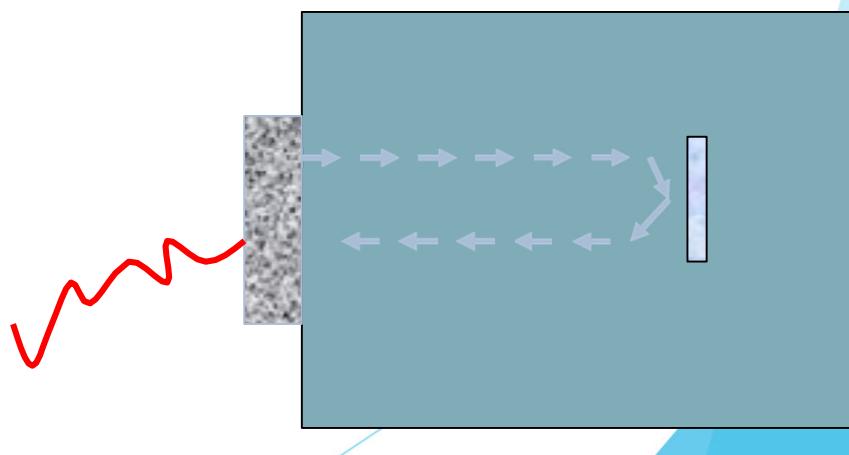
- Cuando un impulso es introducido en un material homogéneo, este atravesará todo el material hasta llegar a la superficie opuesta, donde existe una interfase (pieza-aire).



Ensayos No Destructivos

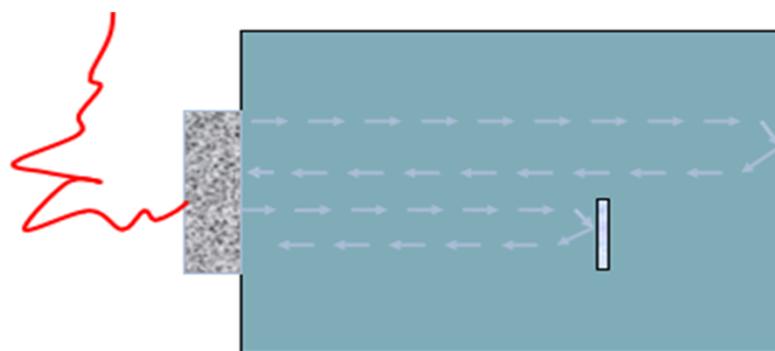
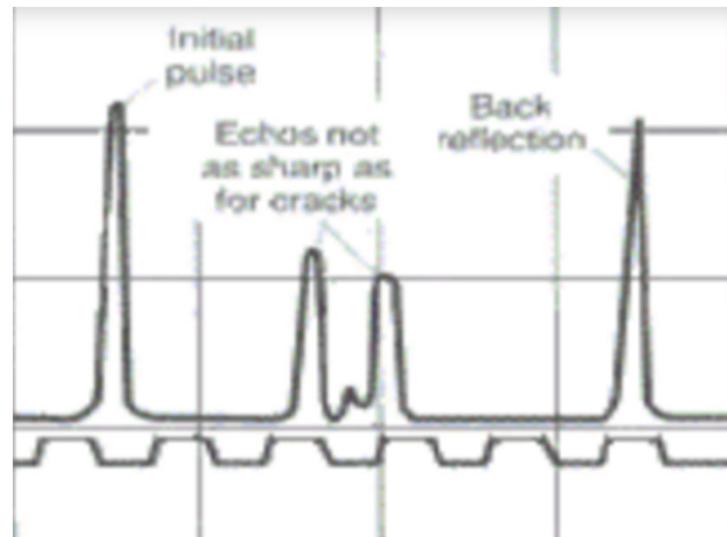
Ultrasonido:

Si la pieza tiene una discontinuidad, al tener esta una impedancia acústica distinta, constituye una interfase y el impulso es reflejado.



Ensayos No Destructivos

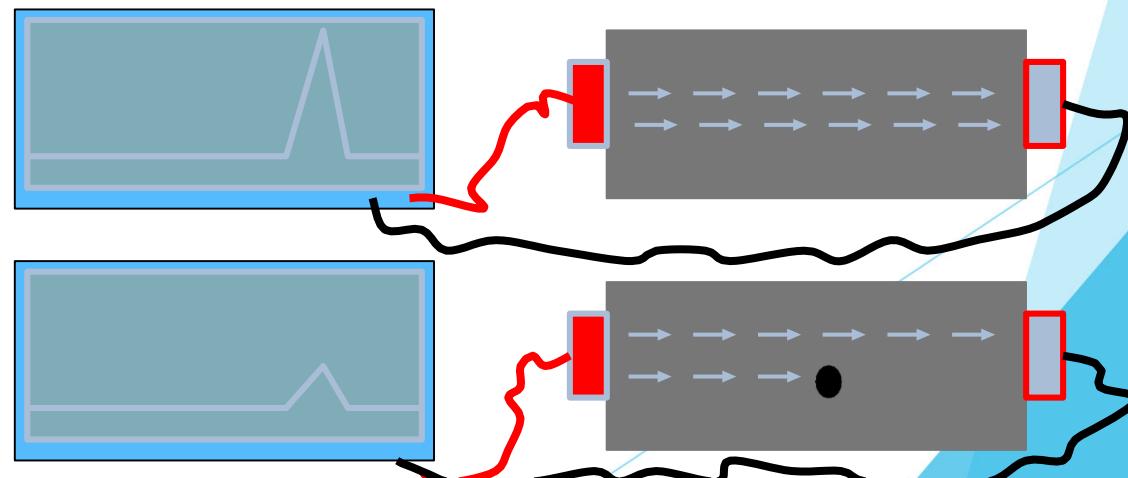
Ultrasonido:



Ensayos No Destructivos

Ultrasonido: procedimiento de transmisión

- Se utiliza en instalaciones automáticas
- La pieza se situa entre dos transductores
- Puede utilizar ondas pulsantes o continuas
- Se analiza la energía que es transmitida a través de la pieza



Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Este tipo de ensayo no destructivo consiste en atravesar el componente con haces de radiación electromagnética ionizante emitidos por equipos de rayos X, aceleradores lineales o por isotopos radiactivos artificiales. La clave se basa en los haces que emergen del objeto una vez que ha sido atravesado.

La radiación que entra en el objeto no es la misma que sale, se produce una variación en función de la consistencia interna del objeto y de las discontinuidades internas que presenta.

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Propiedades de interés de las radiaciones X y γ :

- se propagan en línea recta no siendo desviadas por campos eléctricos ni por campos magnéticos
- ionizan gases
- existen radiación fluorescente en ciertos compuestos químicos.
- sensibilizan emulsiones fotográficas

Ensayos No Destructivos

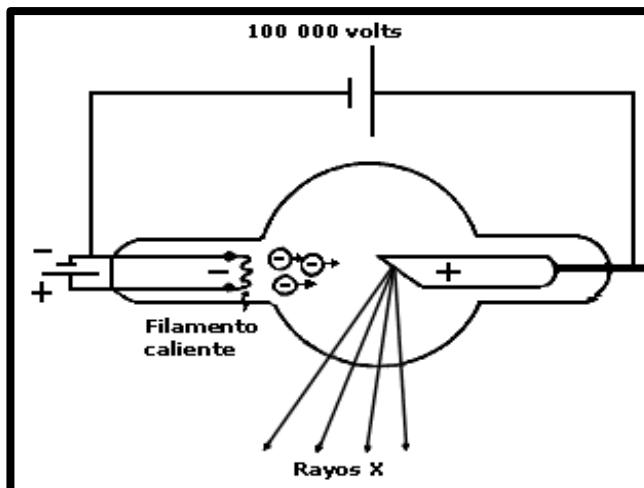
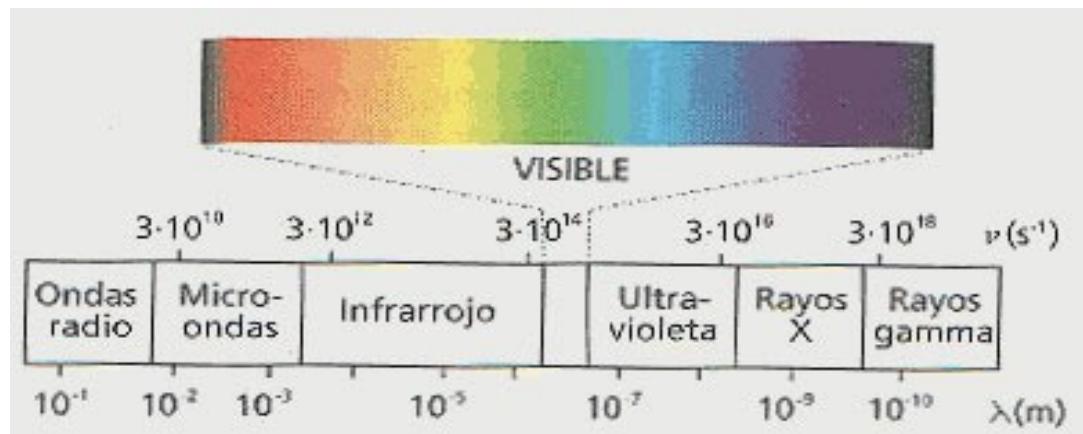
Radiografía Industrial:

Propiedades de interés de las radiaciones X y γ :

- dañan los tejidos vivos y no son detectados por nuestros sentidos
- atraviesan todos los materiales incluso los opacos a la radiación luminosa, sufriendo una absorción o pérdida de energía en relación a los espesores o densidad del material atravesado

Ensayos No Destructivos

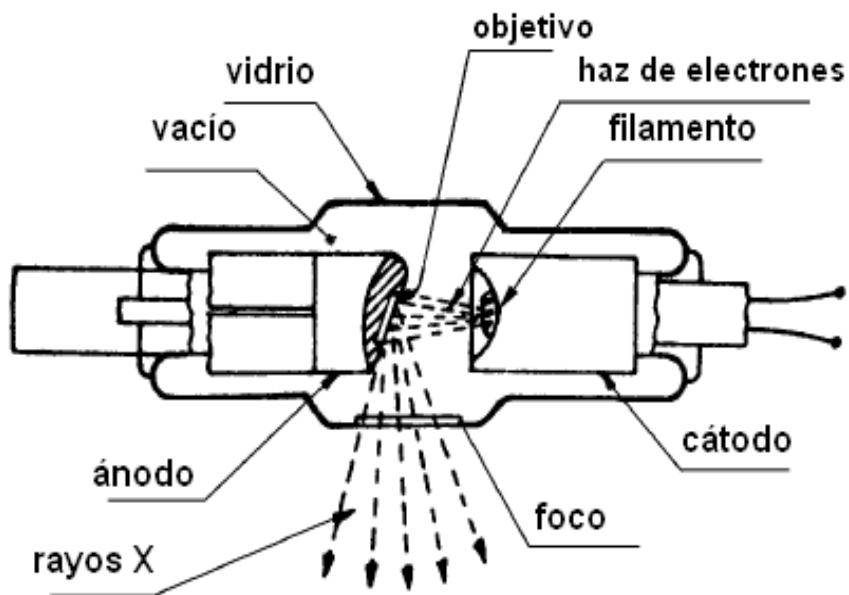
Radiografía Industrial:



Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

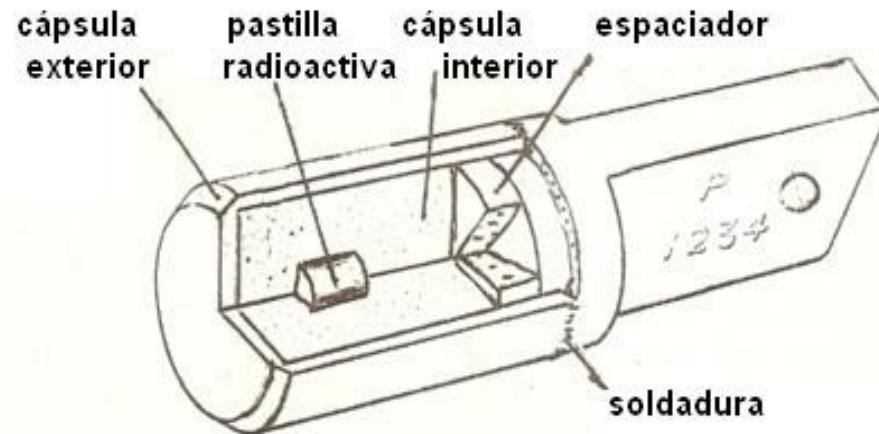
- EQUIPO DE RAYOS X



Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

- EQUIPO PARA RAYOS GAMMA



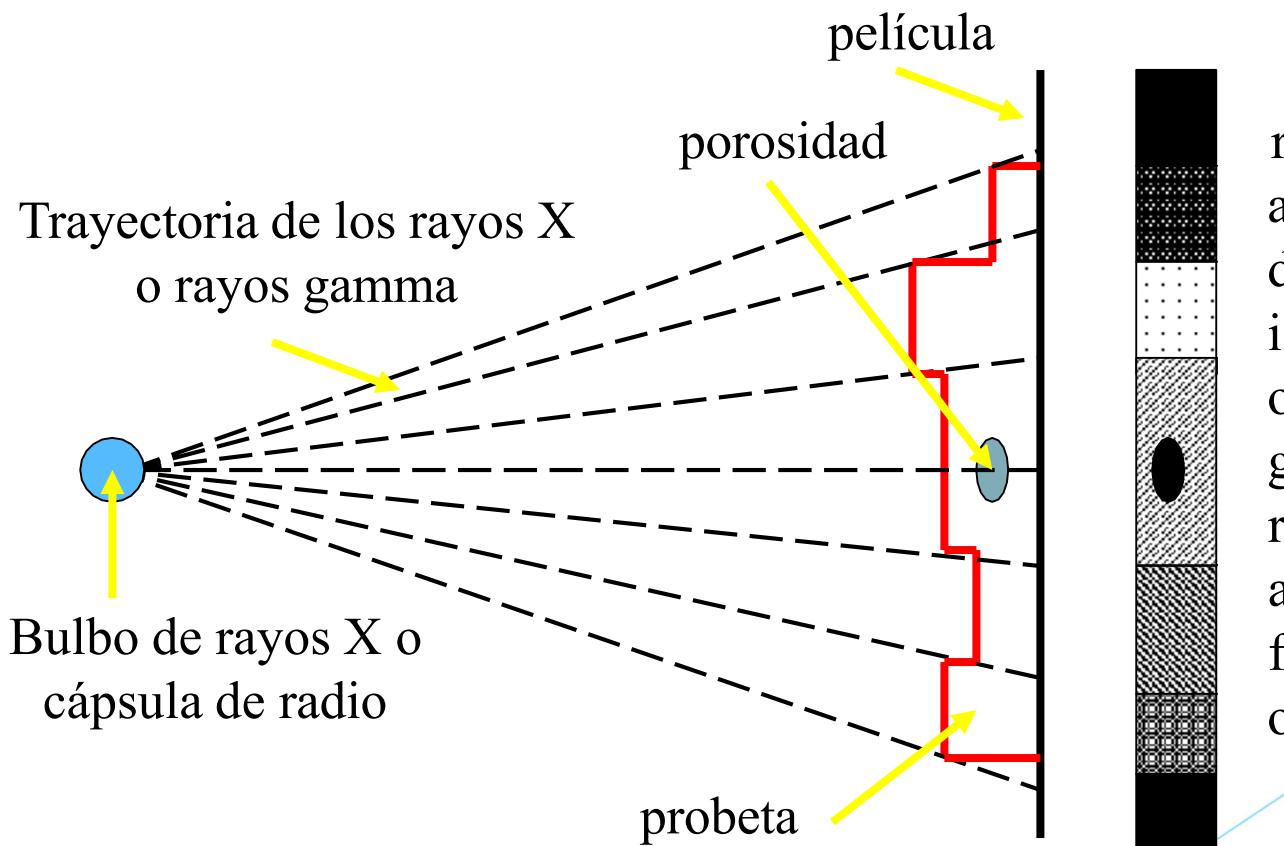
Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Cuando los rayos atraviesan un material de estructura no uniforme, que contenga defectos tales como grietas, cavidades, o porciones de densidad variables, los rayos que atraviesan las partes menos densas del objeto son absorbidos en menor grado que los rayos que atraviesan las partes más densas.

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:



Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Comparación de la radiografía a base de rayos X y gamma

El uso de los rayos X está limitado a 9 pulg de espesor de acero, mientras que los rayos gamma pueden usarse para espesores de hasta 10 pulg.

Los rayos X son mejores que los gamma para la detección de pequeños defectos en secciones menores a 2 pulg de espesor, los dos poseen igual sensibilidad para secciones de unas 2 a 4 pulg.

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

El método de rayos X es mucho más rápido que el de los rayos gamma y requiere de segundos o minutos en vez de horas.

Debido a su menor dispersión, los rayos gammas son más satisfactorios que los rayos X para examinar objetos de espesores variables.

Para un espesor de material uniforme los rayos X parecen proporcionar negativos más claros que los gammas.

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Interpretación de una radiografía

- Las porciones mas oscuras indican las partes menos densas
- Las porciones mas claras indican las partes mas densas

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Defectos mas comunes y su apariencia característica sobre los negativos de fundiciones:

- Las cavidades de gas y solpladuras son indicadas por áreas oscuras circulares bien definidas.
- La porosidad por contracción aparece como una región oscura, fibrosa e irregular que posee un silueta indistinta.

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

- Las grietas aparecen como áreas oscurecidas de ancho variable.
- Las inclusiones de arena están representadas por áreas grises o negras de textura irregular o granular.
- Las inclusiones en las fundiciones de acero aparecen como áreas oscuras de silueta definida.

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

Equipos de gammagrafía y de rayos X portátiles



Imagen 1 Equipo de gammagrafía Sentinel delta 880 y Equipo generador Rayos X portátil con batería

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:



Imagen 2 Flat Panel y Placa de Fosforo

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

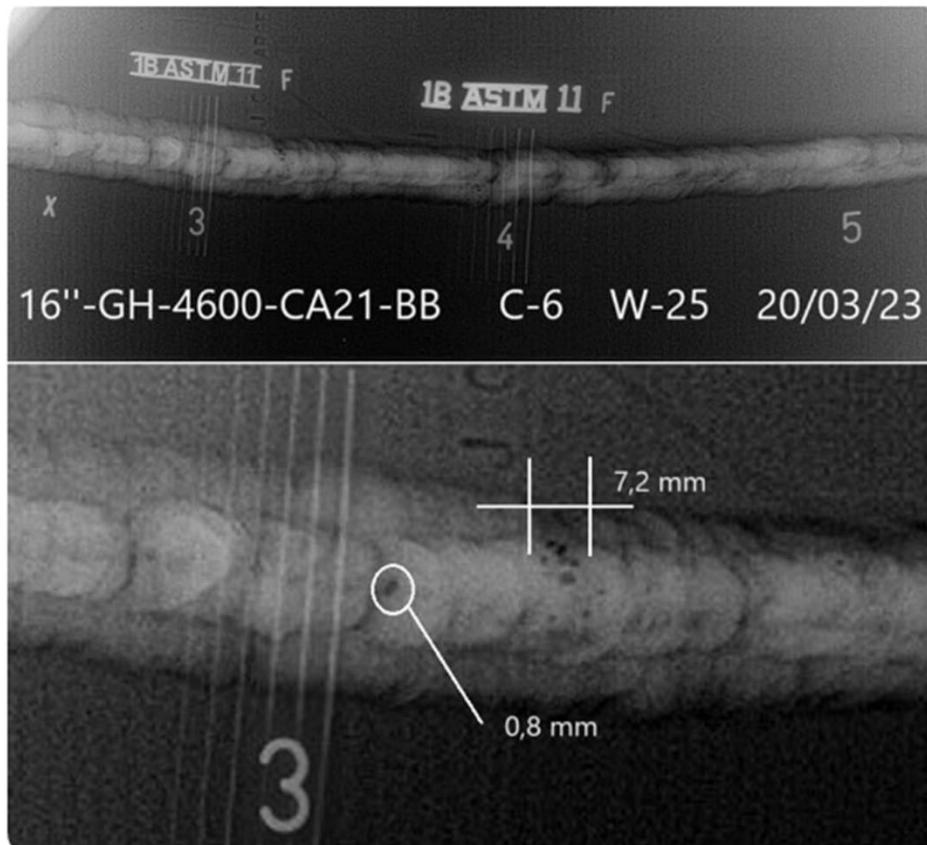


Imagen 3 Registro de inspección de soldadura con medición por software de indicaciones

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

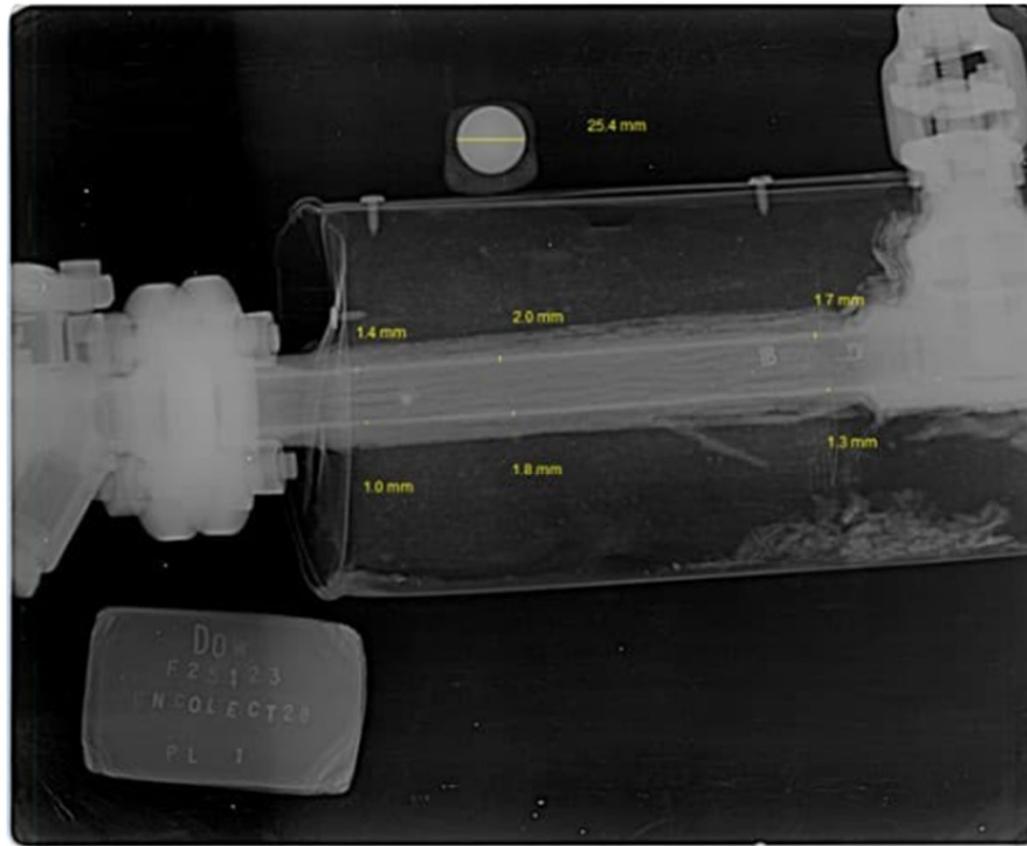


Imagen 4 Registro de inspección de corrosión bajo aislación

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

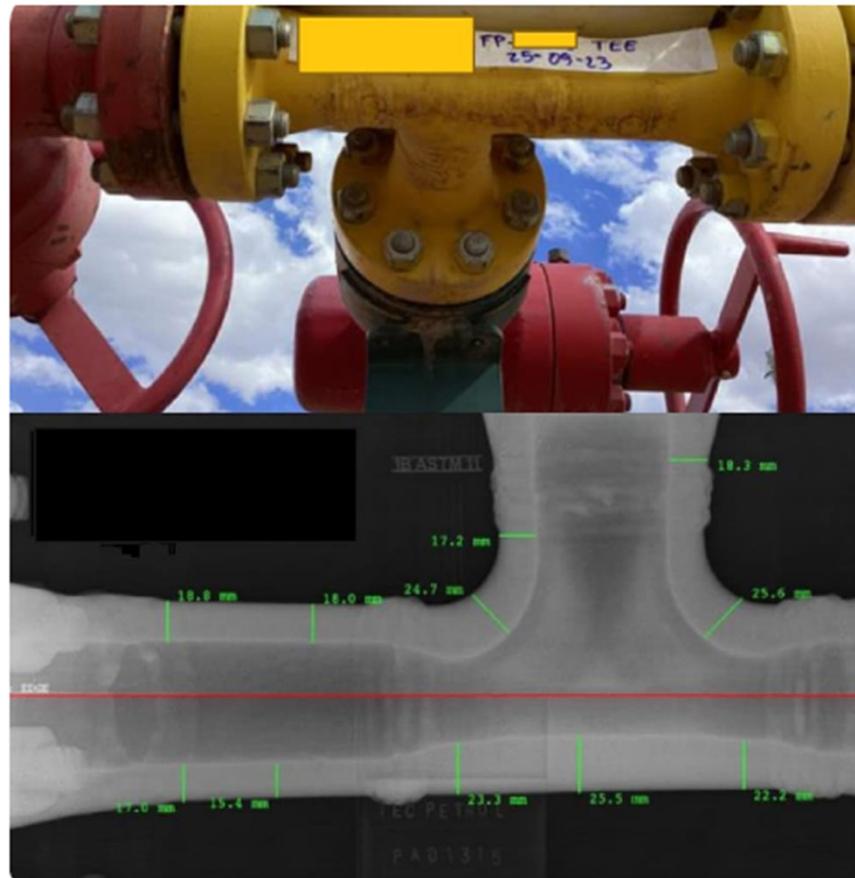


Imagen 5 Control dimensional y búsqueda de corrosión en accesorio Tee

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

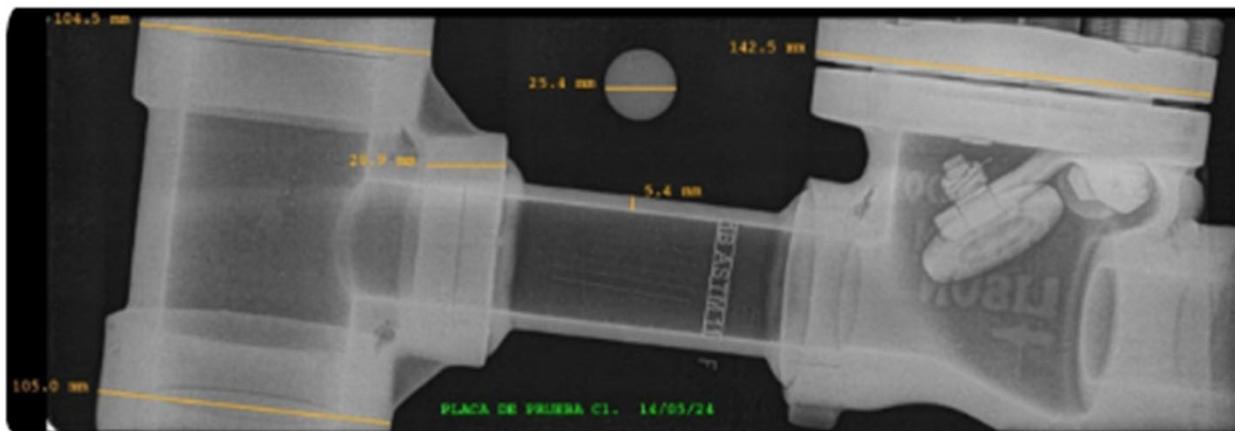


Imagen 6 Inspección de estado de válvula de retención

Ensayos No Destructivos

Radiografía Industrial:

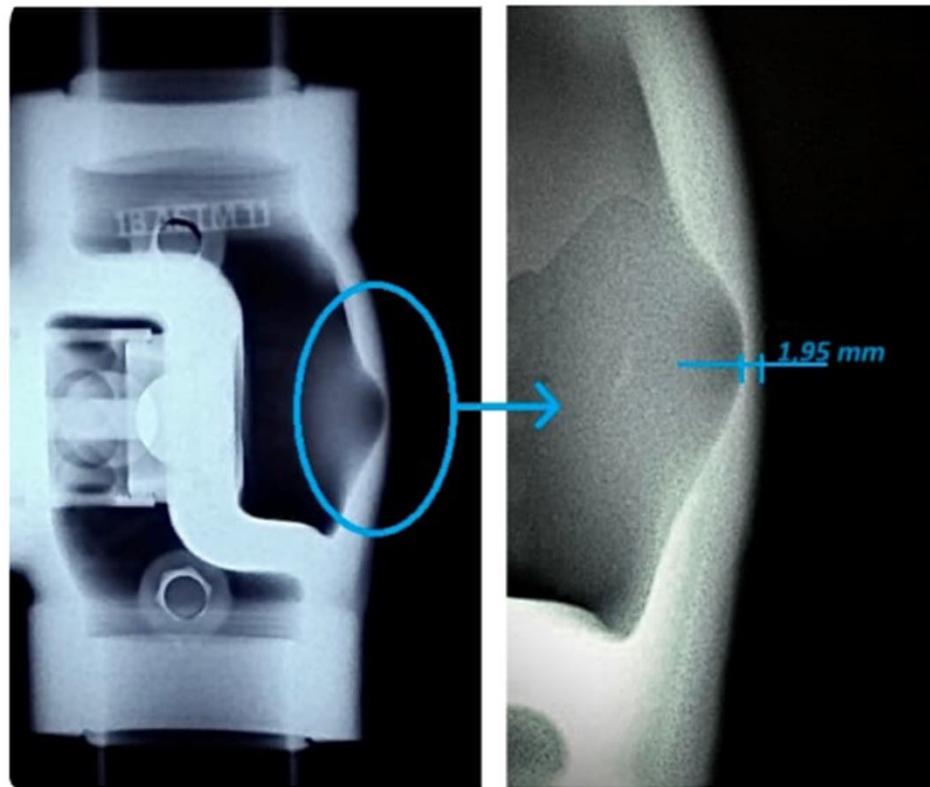


Imagen 7: Se detectó desgaste por erosión mediante Flat Panel y se midió la pared remanente de la válvula