

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

VÍCTOR POLO FLÓREZ

ELKIN JOSÉ GALVIS

JAFET NÚÑEZ

GUSTAVO BARROS

MOISÉS DE ÁVILA

SENA CENTRO PARA LA INDUSTRIA PETROQUIMICA

MANTENIMIENTO MECANICO INDUSTRIAL

CARTAGENA- BOLIVAR

2017

# ÍNDICE

## Contenidos:

- ✓ Introducción a los END (NDT)
- ✓ Descripción de los métodos más comunes de END
- ✓ Inspección visual
- ✓ Líquidos penetrantes
- ✓ Partículas magnéticas
- ✓ Ensayo radiográfico
- ✓ Corrientes de Eddy

# INTRODUCCION

Los ensayos no destructivos (END) aparecen como una expresión de la actividad inteligente del hombre en sus primeros deseos de dominar y transformar la naturaleza. Los ensayos no destructivos son exámenes o pruebas que son utilizados para detectar discontinuidades internas y/o superficiales o para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes; usando técnicas que no alteran el estado físico o constitución química, dañen o destruyan los mismos.

Dentro los ensayos no destructivos están incluidos la inspección por radiografía, inspección por partículas magnéticas, inspección por líquidos penetrantes, inspección visual y también inspección por ultrasonido.

El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes e partes fabricadas.

La falla es el daño de una pieza que no le permite continuar en servicio, causando la sustitución prematura de los componentes. Refiriéndonos a prematuro por la sustitución de la pieza antes de haber alcanzado su vida útil especificada en el diseño.

La falla de los materiales puede producirse por defectos de fabricación, errores de operación o inadecuada selección de materiales.

## **OBJETIVOS.**

El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes e partes fabricadas. Los métodos de END, permiten el control del 100 % de una producción y pueden obtener información de todo el volumen de una pieza, con lo que contribuyen a mantener un nivel de calidad uniforme, con la consiguiente conservación y aseguramiento de la calidad funcional de los sistemas y elementos. Además colaboran en prevenir accidentes, ya que se aplican en mantenimiento y en vigilancia de los sistemas a lo largo del servicio. Por otra parte proporcionan beneficios económicos directos e indirectos. Beneficios directos, por la disminución de los costos de fabricación, al eliminar en las primeras etapas de fabricación, los productos que serían rechazados en la inspección final, y el aumento de la productividad, por reducirse el porcentaje de productos rechazados en dicha inspección final. Entre los beneficios indirectos se pueden citar su contribución a la mejora de los diseños, por Ensayos no Destructivos Página 5 ejemplo, demostrando la necesidad de realizar un cambio de diseño de molde en zonas críticas de piezas fundidas o también contribuyendo en el control de procesos de fabricación.

# DESARROLLO

## ENSAYO NO DESTRUCTIVO

Los Ensayos No Destructivos (END) son herramientas fundamentales en el Control de Calidad o Garantía de Calidad de materiales, soldaduras, equipos, piezas o partes, verificación de montajes, desarrollo de procesos y para la investigación. La mayor parte de los END se diseñan para descubrir discontinuidades, tras lo cual hay que decidir si éstos son significativos o no de acuerdo con estándares de aceptación (códigos).

Los Ensayos No Destructivos son aplicables en conjunto para detectar todos los tipos de discontinuidades, eso quiere decir que el uso de un ensayo no excluye el uso de otros.

Se denomina **ensayo no destructivo** (también llamado END, o en inglés NDT de *nondestructive testing*) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Se identifican comúnmente con las siglas: PND; y se consideran sinónimos a: Ensayos no destructivos (END), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan

únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

- Defectología. Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de tensiones; detección de fugas.
- Caracterización. Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isoterma.
- Metrología. Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado.
- Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con campos magnéticos. Uno de los métodos más utilizados fue la detección de grietas superficiales en ruedas y ejes de ferrocarril. Las piezas eran sumergidas en aceite, y después se limpiaban y se esparcían con un polvo. Cuando una grieta estaba presente, el aceite que se había filtrado en la discontinuidad, mojaba el polvo que se había esparcido, indicando que el componente estaba dañado. Esto condujo a formular nuevos aceites que serían utilizados específicamente para realizar éstas y otras inspecciones, y esta técnica de inspección ahora se llama prueba por líquidos penetrantes (PT).
- Sin embargo con el desarrollo de los procesos de producción, la detección de discontinuidades ya no era suficiente. Era necesario también contar con información cuantitativa sobre el tamaño de la discontinuidad, para utilizarla como fuente de información, con el fin de realizar cálculos matemáticos y poder predecir así la vida mecánica de un componente. Estas necesidades, condujeron a la aparición de la Evaluación No Destructiva (NDE) como nueva disciplina. A raíz de esta revolución tecnológica se suscitarían en el campo de las PND una serie de acontecimientos que establecerían su condición actual.

## INSPECCIÓN VISUAL

Es el método más básico y frecuente, ya que se puede obtener información inmediata de la condición superficial de los materiales que se estén inspeccionando, con el simple uso del ojo humano y en algunos casos, con la ayuda de algún dispositivo óptico, ya sea para mejorar la percepción visual (lupas, lentes, etc.) o para proporcionar contacto visual en zonas de difícil acceso, tal como en el interior de tuberías y equipos donde se emplean boroscopios y pequeñas videocámaras rígidas o flexibles.

La inspección visual y óptica es aquella que utiliza la energía de la porción visible del espectro electromagnético. Los cambios en las propiedades de la luz, después de entrar en contacto con el objeto inspeccionado, pueden ser detectados por el ojo humano o por un sistema de inspección visual. Sus siglas en inglés son VT= Visual Testing.

El personal que realiza este ensayo tiene amplia capacitación y conocimiento en los materiales a inspeccionar, así como también en el tipo de irregularidades o discontinuidades a detectar en los mismos. Este control se hace basándose en las normas o códigos que rigen la fabricación, proceso y servicio.

La inspección visual es el primer paso de cualquier evaluación. En general, las Pruebas No Destructivas establecen como requisito previo realizar una inspección de este tipo.

### **La inspección visual es utilizada para los siguientes propósitos:**

- La inspección de superficies expuestas o accesibles de objetos opacos (incluyendo la mayoría de ensamblajes parciales o productos terminados).
- La inspección del interior de objetos transparentes (tales como vidrio, cuarzo, algunos plásticos, líquidos y gases).
- Detectar errores en el proceso de manufactura.
- Obtener información acerca de la condición de un componente que muestra evidencia de un defecto.
- Dar una valoración total de la condición de una pieza, estructura, componente o sistema.

- Proveer una detección temprana antes que una discontinuidad alcance un tamaño crítico.
- Inspeccionar lugares que están fuera del alcance de los inspectores, mediante instrumentos diseñados para dicho trabajo.

En la industria de la energía, petroquímica, transporte y de infraestructura, donde existen ambientes corrosivos, temperatura o donde es contenida presión, se requieren comprobaciones visuales.

Descubrir y reparar los defectos a tiempo resulta en una reducción sustancial del costo. Se ha comprobado que un programa consistente de Inspección Visual, por ejemplo antes, durante y después de la soldadura, puede resultar en el descubrimiento de la mayoría de todos los defectos que se podrían detectar con el uso de métodos de prueba más extensos.

## **LIQUIDOS PENETRANTES**

Es un tipo de Ensayo No Destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Generalmente, se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos, cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos. El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo, se remueve el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Este ensayo se basa en el principio físico conocido como "*Capilaridad*" y consiste en la aplicación de un líquido con buena penetración en pequeñas aberturas sobre la superficie del material a inspeccionar. Una vez que ha transcurrido un tiempo suficiente como para que el líquido penetre, se realiza una remoción del exceso de líquido penetrante y a continuación se aplica un líquido absorbente comúnmente llamado "revelador", de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales. Por consiguiente, las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente, son áreas que contienen discontinuidades superficiales (grietas, perforaciones, etc.).

En general, existen 2 técnicas del proceso de aplicación de Líquidos Penetrantes: Visibles y Fluorescentes, cada una de estas pueden, a su veza ser divididas en tres

subtécnicas: las que utilizan líquidos removibles con agua, las que utilizan líquidos removibles con solvente y las que utilizan líquidos posemulsificables.

**Estos se clasifican de la siguiente manera:**

- Tipo I = Penetrante fluorescente
- Tipo II = Tintas permanentes o visibles
  
- Proceso A = Penetrante lavable en agua
- Proceso B = Penetrante postemulsificado
- Proceso C = Penetrante removido con solvente
- Revelador seco: Grano fino se aplica por espolvoreado, rociado o sumergido.
- Revelador no acuoso: Es una suspensión absorbente, aplicado por rocío
- Revelador húmedo: Es una suspensión absorbente de polvo en agua, se aplica por inmersión.
- Portátil (atomizador)
- Estacionario (inmersión)
- Simple vista (portátil)
- Luz negra (estacionario)

Es importante saber que para cada proceso se recomienda un tipo revelador indicado y una metodología diferente para realizar el ensayo.

El entrenamiento y certificación del personal es necesario para la correcta aplicabilidad e interpretación de los resultados. Este ensayo es válido para todo tipo de materiales, de alta sensibilidad, aplicable a superficies extensas, portátiles y fáciles de operar e interpretar.

## **PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

La Inspección por Partículas Magnéticas es un tipo de Ensayo No Destructivo que permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos como el hierro, el cobalto y el níquel. Debido a su baja permeabilidad magnética, no se aplica ni en los materiales paramagnéticos (como el aluminio, el titanio o el platino) ni en los diamagnéticos (como el cobre, la plata, el estaño o el zinc).

Los defectos que se pueden detectar son únicamente aquellos que están en la superficie o a poca profundidad. Cuanto menor sea el tamaño del defecto, menor será la profundidad a la que podrá ser detectado.

Si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán como polos, y por lo tanto, atraerán cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a las mismas. De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado local o globalmente y se le pueden esparcir sobre su superficie pequeños trozos de *Partículas Magnéticas* y así observar cualquier acumulación de las mismas, lo cual es evidencia de la presencia de discontinuidades sub-superficiales o superficiales en el metal.

Este método es ampliamente utilizado en el ámbito industrial y algunas de sus principales aplicaciones las encontramos en:

- El control de calidad o inspección de componentes maquinados.
- La detección de discontinuidades en la producción de soldaduras.
- En los programas de inspección y mantenimiento de componentes críticos en plantas químicas y petroquímicas (recipientes a presión, tuberías, tanques, etc.).
- La detección de discontinuidades de componentes sujetos a cargas cíclicas (discontinuidades por fatiga)

En general, existen dos principales medios o mecanismos mediante los cuales se puede aplicar las partículas magnéticas, estos son: *vía húmeda* y *vía seca*. Así mismo, existen dos principales tipos de partículas magnéticas: aquellas que son visibles con luz blanca natural o artificial y aquellas cuya observación debe ser bajo luz ultravioleta, conocidas comúnmente como partículas magnéticas fluorescentes.

El requisito básico para las partículas secas es que tengan las propiedades magnéticas adecuadas, además que sean ligeras y móviles. Las partículas empleadas en el método seco tienen características similares a las del método húmedo, excepto que se utilizan secas, en forma de polvo. Las partículas secas dependen de que el aire las lleve a la superficie de la pieza, por lo que se pueden utilizar pistolas, bulbos o aplicadores racionadores en forma de pera o tipo salero.

Las partículas húmedas son producidas en forma de un polvo concentrado seco, que puede ser para suspensiones en aceite o en agua. Las partículas en polvo tienen la necesidad de mezclarse con agentes que faciliten su dispersión, agentes humectantes, agentes inhibidores de corrosión, etc. Las partículas en forma de polvo pueden ser vertidas directamente en el tanque para preparar el baño, sin la necesidad de mezclarlas previamente.

## INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO

El método de Ultrasonido se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales, ya que por principio las ondas ultrasónicas pueden propagarse a través de todos los medios donde exista materia. Es una prueba confiable y rápida, que emplea ondas sonoras de alta frecuencia (0.25 a 25 MHz) producidas.

La realización del ensayo por ultrasonido requiere una serie de etapas, las cuales deben ser realizadas por personal altamente capacitado y entrenado en este ensayo.

Ya que la inspección ultrasónica se basa en un fenómeno mecánico, se puede adaptar para que pueda determinarse la integridad estructural de los materiales de ingeniería. Sus principales aplicaciones consisten en:

1. Detección y caracterización de discontinuidades.
2. Medición de espesores, extensión y grado de corrosión.
3. Determinación de características físicas, tales como: estructura metalúrgica, tamaño de grano y constantes elásticas.
4. Definir características de enlaces (uniones).
5. Evaluación de la influencia de variables de proceso en el material.

Las principales ventajas de este ensayo son:

- Elevada sensibilidad de detección.
- Poca dependencia de la geometría de la pieza, bastando el acceso a una sola cara.
- Posibilidad de inspeccionar volumétricamente el material.
- Rapidez del examen y resultado inmediato.
- Utilización de equipos portátiles.

Existen 3 formas básicas de inspección por ultrasonido: Scan A, Scan B y Scan C:

- En el **Scan A**, el sonido viaja y al rebotar se analiza la onda que puede ser completa o media onda. La altura del pico está relacionada con el tamaño del defecto; y la distancia horizontal donde éste aparece, está relacionada con el recorrido sónico seguido por la onda dentro del material. Los patrones de calibración permiten posicionar el defecto con precisión y los patrones de

referencia permiten establecer un nivel de comparación para estimar la severidad de los defectos.

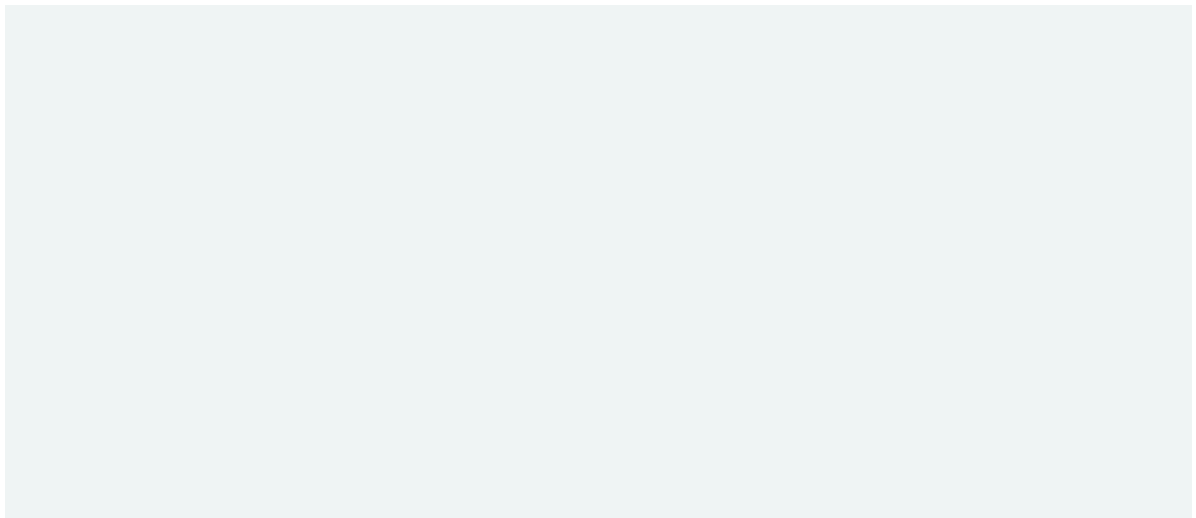
- El **Scan B** es la representación gráfica de los espesores obtenidos mediante ultrasonido, frente a la distancia recorrida por el palpador frente al tiempo. De esta manera, se logra un corte transversal de la pieza inspeccionada.
- El **Scan C** es una presentación de la información de manera bidimensional, con un código de pseudo-colores que representa la profundidad o espesor del material.

Esta representación puede ser obtenida por un palpador monocristal con un manipulador robotizado o mediante el empleo de un arreglo de varios cristales, excitados por grupos, de tal manera que constantemente obtienen un corte transversal de la pieza debajo de él y que va avanzando manual o automáticamente para obtener el mapa bidimensional de espesores.

## **RADIOGRÁFICOS (RAYOS X)**

La **radiografía (rayos X)** es un método de **ensayo no destructivo (END)** que se utiliza para examinar el volumen de una muestra. La radiografía (rayos X) utiliza rayos X y rayos gamma para obtener una radiografía de una muestra y detectar así cualquier cambio en el espesor, defectos (internos o externos) y detalles de montaje para garantizar que su operación cuente con una calidad óptima.

GE Inspection Technologies ofrece una gama completa de **técnicas y equipos radiográficos industriales**. GE Inspection Technologies trabajará junto a usted para identificar las soluciones más apropiadas para garantizar que la técnica tenga un rendimiento, una velocidad y un costo que sean óptimos para su aplicación.



## **CORRIENTES EDDY**

Las corrientes de Eddy empezaron a mencionarse desde 1824 por Dambey Argo y Jean B Foucault; pero su primera aplicación a las pruebas no destructivas data de 1879 con D. E. Hughes, quien las empleó para diferenciar tamaños, formas y composición de diferentes metales y aleaciones. Sin embargo, no fue hasta 1948 cuando el Instituto Reutlingen de Alemania, empezó el desarrollo de la actual instrumentación de corrientes de Eddy.

### **Definición de corrientes Eddy**

Esta basada en los principios de la inducción electromagnética y es utilizada para identificar o diferenciar entre una amplia variedad de condiciones físicas, estructurales y metalúrgicas en partes metálicas ferromagnéticas y no ferromagnéticas, y en partes no metálicas que sean eléctricamente conductoras. Las corrientes de Eddy son creadas usando la inducción electromagnética, este método no requiere contacto eléctrico directo con la parte que esta siendo inspeccionada.

### **Aplicaciones de las corriente Eddy en Pruebas No Destructivas**

- Medir o identificar condiciones o propiedades tales como: conductividad eléctrica, permeabilidad magnética, tamaño de grano, condición de tratamiento térmico, dureza y dimensiones físicas de los materiales.
- Detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales, como costuras, traslapes, grietas, porosidades e inclusiones.
- Detectar irregularidades en la estructura del material.
- Medir el espesores de un recubrimiento no conductor sobre un metal conductor, o el espesor de un recubrimiento metálico no magnético sobre un metal magnético.

### **Ventajas:**

- Se aplica a todos los metales, electroconductores y aleaciones.
- Alta velocidad de prueba.
- Medición exacta de la conductividad.
- Indicación inmediata.
- Detección de áreas de discontinuidades muy pequeñas. (  $0.0387 \text{ mm}^2 - 0.00006 \text{ in}^2$  )
- La mayoría de los equipos trabajan con baterías y son portátiles.
- La única unión entre el equipo y el articulo bajo inspección es un campo magnético, no existe posibilidad de dañar la pieza.

### **Limitaciones:**

- La capacidad de penetración esta restringida a menos de 6 mm.
- En algunos casos es difícil verificar los metales ferromagnéticos.
- Se aplica a todas las superficies formas uniformes y regulares.
- Los procedimientos son aplicables únicamente a materiales conductores.

- No se puede identificar claramente la naturaleza específica de las discontinuidades.
- Se requiere de personal calificado para realizar la prueba.

## APLICACIONES

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

- ✓ Defectología. Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de tensiones; detección de fugas.
- ✓ Caracterización. Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isotermas.
- ✓ Metrología. Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado. Los ensayos no destructivos se utilizan en una variedad de ramas que cubren una gran gama de actividades industriales.

### **En la industria automotriz:**

- ✓ Partes de motores
- ✓ Chasis

### **En aviación e industria aeroespacial:**

- ✓ Exteriores
- ✓ Chasis
- ✓ Plantas generadoras
- ✓ Motores a reacción
- ✓ Cohetes espaciales

**En construcción:**

- ✓ Ensayos de integridad en pilotes y pantallas
- ✓ Estructuras
- ✓ Puentes

**En manufactura:**

- ✓ Partes de máquinas

**En ingeniería nuclear:**

- ✓ Pressure vessels

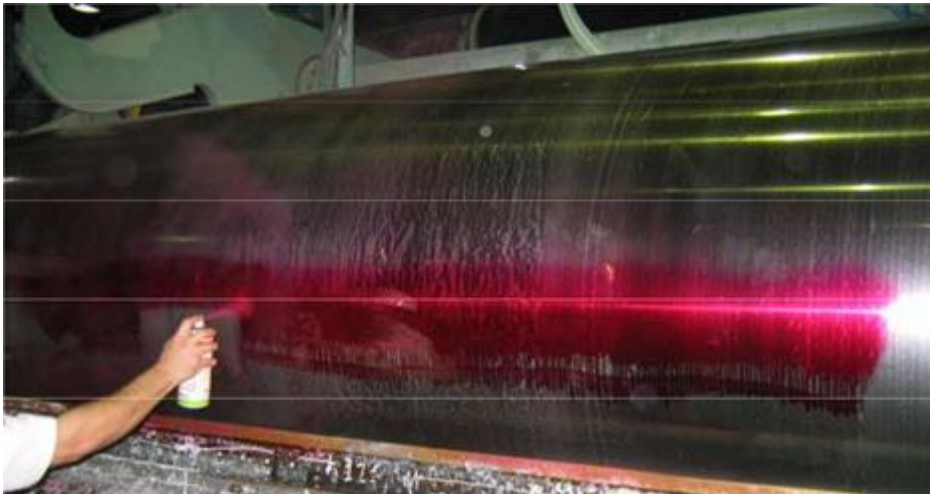
**En petroquímica:**

- ✓ Transporte por tuberías
- ✓ Tanques de almacenamiento

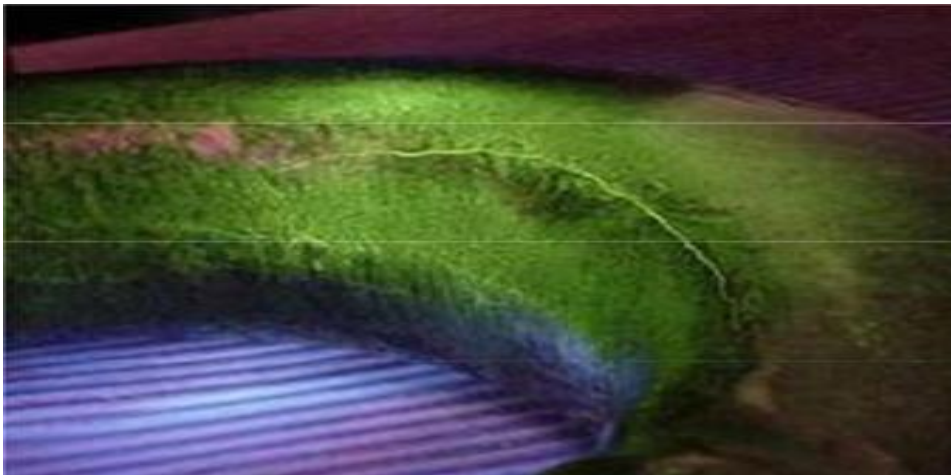
**Misceláneos**

- ✓ Atracciones de parques de diversiones
- ✓ Conservación-restauración de obras de arte.

**Líquido penetrante**



**Partículas magnéticas:**



**Radiografía industrial**  
**Partículas magnéticas:**



**Ultrasonido industrial**



## **CONCLUSIÓN**

Los ensayos no destructivos permiten conocer con anterioridad a que una pieza falle, los posibles defectos e imperfecciones presentes. La importancia y gran ventaja de los ensayos no destructivos es que permiten realizar las pruebas sin deteriorar ni maltratar la pieza y arrojando información valiosa de su estado. Dentro de la soldadura se practican mucho este tipo de pruebas, ya que permiten evaluar de manera muy precisa los acabados superficiales y sub-superficiales y encontrar los defectos en el procedimiento. Los ensayos no destructivos requieren personal calificado y con experiencia, pues no es posible realizar estas pruebas únicamente teniendo disponibilidad de los equipos.

## Webgrafía

- ✓ <http://portal.tc.com.co/tecnicontrol/ensayos-no-destructivos/tradicionales>
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=kqjVPd6x5CE&list=RDkqjVPd6x5CE#t=2>