



## Diseño y Procesamiento Mecánico de 4° año

### Trabajo Práctico N° 5 de Soldadura

### Responder Cuestionario

#### Actividades finales

##### De comprobación

- 6.1. ¿Cómo se evita la falta de fusión?
- a) Con una correcta limpieza y una buena regulación de los parámetros de soldeo.
  - b) No se puede evitar.
  - c) Acortando el arco.
  - d) Enfriando las piezas.
- 6.2. ¿Qué defectos deben ser reparados obligatoriamente?
- a) Todos.
  - b) Ninguno.
  - c) Los que afectan a la resistencia del cordón.
  - d) Los que no pasen las pruebas de inspección.
- 6.3. ¿Qué diferencia hay entre ensayos destructivos y no destructivos?
- a) No hay diferencias significativas.
  - b) Que uno deja inservible la pieza ensayada y el otro no.
  - c) Que uno lo hace el inspector y el otro lo hace el soldador.
  - d) Que uno destruye los ensayos y otro no.
- 6.4. ¿Qué es un ensayo de tracción?
- a) Un prueba en la que se somete a un esfuerzo de tracción a una probeta hasta que se rompe.
  - b) Es para medir la resistencia.
  - c) Es para medir el pandeo.
  - d) Es para medir la atracción en metales magnéticos.
- 6.5. ¿Para qué sirve un péndulo Charpy?
- a) Para contar el tiempo del ensayo.
  - b) Para medir las vibraciones que se producen.
  - c) Para medir la resistencia de la pieza ensayada.
  - d) Para medir la resiliencia.
- 6.6. ¿Se le hacen radiografías a los cordones de soldadura?
- a) Sí, siempre.
  - b) No, nunca.
  - c) Cuando lo requiere la inspección.
  - d) Cuando se sospecha un defecto.
- 6.7. ¿Qué son las inclusiones?
- a) Cuando se incluye un cordón dentro de otro.
  - b) Son partículas que quedan atrapadas dentro del cordón.
  - c) Son partículas que quedan atrapadas encima del cordón.
  - d) Un defecto sin importancia.
- 6.8. ¿Qué tipo de anomalías se pueden presentar en las soldaduras?
- a) Grandes y pequeñas.
  - b) Importantes y superfluas.
  - c) Imperfecciones y defectos.
  - d) Infecciones y decisivas.



### De aplicación

- 6.1. Explica la causa de que se produzcan anomalías en la soldadura.
- 6.2. Define qué es una mordedura.
- 6.3. Indica cómo se producen los poros.
- 6.4. Señala en qué consiste la inspección de obra soldada.
- 6.5. Enumera los ensayos no destructivos.
- 6.6. Cita los ensayos destructivos.
- 6.7. Describe el ensayo con líquidos penetrantes e indica por qué es uno de los que más se hacen.
- 6.8. Explica cómo se realiza el ensayo de resiliencia.
- 6.9. Comenta en qué consiste el ensayo con partículas magnéticas.



# 6

## Defectología de uniones soldadas

### Introducción

Se estudia en este capítulo cuáles son los defectos más habituales en los procesos de soldadura y la forma de evitarlos.

Este conocimiento es muy importante para el soldador, ya que lo ayudará a realizar uniones de calidad, además de poder realizar un control de calidad de primer nivel.

El conocimiento del comportamiento del baño de fusión en procedimientos de soldeo es fundamental para la comprensión de los posibles defectos en los cordones, sobre todo en soldadura con electrodo revestido.

### Objetivos

- Conocer la diferencia entre defecto e imperfección.
- Conocer los tipos de defectos posibles en soldaduras.
- Conocer tipos de imperfecciones en soldaduras.
- Conocer deformaciones e imperfecciones en procesos de soldeo en atmósfera natural.
- Realizar un control de calidad de primer nivel en uniones soldadas.
- Establecer parámetros para evitar defectos en uniones soldadas.
- Corregir los defectos de soldadura.
- Conocer formas de encontrar defectos no visibles.

### Contenidos

- 6.1. Diferencia entre imperfecciones y defectos
- 6.2. Clasificación de los defectos y sus posibles causas
- 6.3. Inspección de soldadura
- 6.4. Ensayos destructivos
- 6.5. Ensayos no destructivos

### 6.1. DIFERENCIA ENTRE IMPERFECCIONES Y DEFECTOS

Al ser la soldadura un procedimiento de fabricación caro, es muy importante diferenciar entre los defectos, que afectan a la resistencia de las piezas, y las imperfecciones, que no afectan a las propiedades mecánicas, aunque sí a otros aspectos de las uniones, como la estética.

Corregir un cordón de soldadura puede resultar muy caro y laborioso, así que lo primero que habrá que hacer será identificar el problema, clasificarlo, valorarlo y tomar la decisión de reparar o no.

Las anomalías en soldadura pueden ser:

- **Imperfecciones.** Este tipo de anomalías son irregularidades que no afectan a la resistencia del cordón ni a la funcionalidad de la pieza fabricada. Por ejemplo, un ancho de cordón variable o un mal peinado de las aguas.

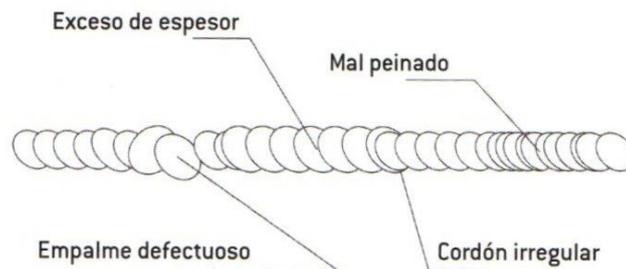


Figura 6.1. Imperfecciones

- **Defectos.** Son anomalías que, por su cantidad, tamaño o por el sitio en el que se producen, afectan negativamente a la resistencia de las piezas soldadas. Por ejemplo, que aparezcan grietas al enfriar el cordón, que aparezca una gran cantidad de poros o que haya una falta de penetración que reduzca el espesor en la unión.

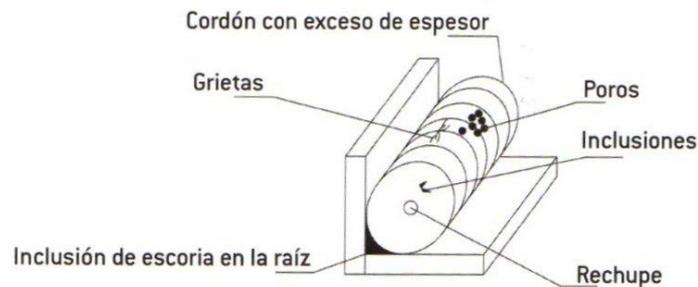


Figura 6.2. Defectos



Los defectos hay que corregirlos siempre, pues, como se ha dicho antes, afectan a la resistencia de la pieza. Las imperfecciones, sin embargo, a veces se reparan y otras no, depende de si el cordón es visto o se repasará o de la situación en la que se encuentre.

Las causas por las que se producen estas irregularidades, ya sean defectos o imperfecciones, pueden ser:

- Posicionado de las piezas a soldar.
- Consumibles inadecuados o en mal estado (electrodos húmedos, excesivo caudal de gases, etc.).
- Falta de habilidad del soldador.
- Agentes climatológicos en soldaduras de campo (humedad, agua, viento, etc.).
- Material base con mala soldabilidad.

## 6.2. CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS Y SUS POSIBLES CAUSAS

Como se ha visto antes, todos los defectos hay que repararlos y también algunas imperfecciones, así que, a continuación, se exponen sin diferenciarlos.

Tanto para soldadura oxiacetilénica como con electrodo, la limpieza de las superficies a soldar es fundamental. Antes de iniciar cualquier soldadura, habrá que hacer una limpieza de las superficies que se van a fundir para eliminar cualquier tipo de suciedad, pintura, óxido e incluso cualquier recubrimiento superficial que tuviera la pieza en la zona a soldar. Esta limpieza se realizará manualmente con un cepillo de alambre, con radial o incluso, si es necesario, por mecanizado.

Cuando se precise realizar varias pasadas, al terminar cada una de ellas, se limpiará el cordón en profundidad con piqueta y cepillo de alambre y, si es necesario, con radial.

De igual manera, cuando se termina una soldadura, hay que realizar una limpieza profunda, eliminando la escoria o restos de fundente. También se eliminarán las proyecciones con un cincel. Esto nos permitirá observar bien el cordón realizado para detectar posibles defectos y, además, le dará un buen aspecto al trabajo terminado.

Los principales defectos son:

### 6.2.1. Mordedura

Son oquedades ocasionadas en el metal base al fundirse este e incorporarse al cordón. Se produce en los bordes del cordón.

Son debidas a:

- Exceso de intensidad de soldadura.
- Arco muy largo.
- Ángulo de desplazamiento muy pequeño, casi perpendicular.

Para evitarlas antes de que aparezcan, hay que regular bien la intensidad, acortar el arco y colocar el electrodo en ángulo de trabajo de entre  $5^\circ$  y  $15^\circ$  con respecto a la vertical.

En soldaduras en ángulo, vertical y en cornisa, se suele producir por caída del material por efecto de la gravedad. Para evitarlo, hay que reducir la intensidad, acortar el arco y hacer el baño lo más pequeño posible.

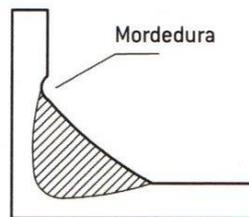


Figura 6.3. Mordedura

### 6.2.2. Inclusiones

Son pequeños trozos de materiales que se introducen en el baño mientras se suelda y que, una vez solidificado este, quedan atrapados en el cordón de soldadura.

En la mayoría de los casos, suele ser escoria del recubrimiento del electrodo y, en otras ocasiones, pueden ser impurezas por una mala limpieza antes del soldeo.

Este defecto se produce por:

- Una velocidad de desplazamiento demasiado rápida.
- Una intensidad demasiado baja.
- Una falta de limpieza, sobre todo en soldadura con varias pasadas.

Cuando estas inclusiones ocurren en la raíz del cordón, suele ser porque, entre las piezas a unir, hay una separación en la que se queda atrapada la escoria.

Para evitar las inclusiones:



- Reducir la velocidad de desplazamiento.
- Aumentar la intensidad.
- Una limpieza concienzuda.
- Un correcto ajuste entre las piezas.

### 6.2.3. Grietas

Las grietas son separaciones del material siguiendo una línea; muchas veces, estas líneas tienen ramificaciones. Otras veces, son casi imperceptibles, aunque son un defecto importante, pues puede provocar la rotura del material.

Se producen por un enfriamiento excesivamente rápido del cordón o por la interrupción de la soldadura muy rápido cuando se suelda con intensidades elevadas.

Para evitarlas, dejar enfriar siempre la pieza a temperatura ambiente e interrumpir el arco con la técnica adecuada según la posición.

### 6.2.4. Poros

Son agujeros que quedan en el cordón, tanto en su superficie como en su interior. La diferencia con las inclusiones es que el poro suele estar vacío.

En la mayoría de los casos, se producen por:

- Una mala limpieza de las piezas.
- Un arco demasiado largo.
- Un exceso de caudal de gases.
- Electrodo húmedos.

Para evitarlo, es aconsejable una buena conservación de los electrodos, una limpieza exhaustiva del metal base o del cordón y una longitud adecuada del arco.

### 6.2.5. Falta de fusión

Se produce cuando no se termina de fundir el borde del metal base en la soldadura.

La causa de este defecto suele ser:

- Una velocidad de soldeo excesiva.
- Una mala orientación del electrodo.



- Intensidad insuficiente.
- Impurezas u óxidos con elevado punto de fusión en el metal base.

La solución es, como en casi todos los casos, una buena limpieza del metal base y una correcta regulación de los parámetros de soldeo.

### 6.2.6. Falta de penetración

La penetración es lo que excede de soldadura por el reverso del cordón, esto nos asegura que la soldadura se ha realizado en todo el espesor del metal base.

Cuando la penetración no es suficiente, puede ser por:

- Una intensidad insuficiente.
- Elevada velocidad de soldeo.
- Electrodo no adecuado (mucho o poco diámetro).
- Talón excesivo.
- Poca separación de las piezas a soldar.
- Desalineación de las piezas.

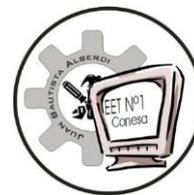
La solución a este problema es:

- Una correcta elección de los parámetros de soldeo.
- Una cuidada preparación de las piezas a soldar.
- Un diámetro adecuado de electrodo.

### 6.2.7. Otros defectos de soldadura a tener en cuenta

Además de los vistos anteriormente, que son los más frecuentes, también pueden producirse los siguientes defectos:

- Perforaciones cuando se funde la pieza y el baño se desprende.
- Rechupe al finalizar el cordón.
- Superficie o anchura del cordón irregular.
- Empalmes de cordones defectuosos.
- Proyecciones y salpicaduras.
- Marcas de picado de escoria, amolado o cincelado.



- Amolado excesivo que reduzca el espesor del material.
- Asimetría en el cordón.
- Cebado del arco fuera del cordón.
- Exceso de penetración.
- Sobrespesor del cordón excesivo o escaso.

Muchos de estos defectos se consideran inadmisibles, por lo que será necesario corregirlos de inmediato.

### 6.3. INSPECCIÓN DE SOLDADURA

En la fabricación de piezas por procedimientos que incluyen soldadura, hay que tener en cuenta factores que no se tienen en cuenta en otros procesos de producción, como son:

- Las enormes temperaturas alcanzadas.
- Las deformaciones producidas por estas temperaturas.
- Los cambios en la estructura interna de los materiales.

Además, este tipo de trabajos requiere de operarios con un alto grado de especialización y formación. Los trabajos de soldadura son de gran habilidad y necesitan una gran destreza por parte del soldador.

Debido a todo esto, se hace necesario un buen control de calidad que garantice que las piezas fabricadas responden a los requerimientos del proyecto.

La inspección consistirá en establecer los procedimientos necesarios de control para establecer en qué grado se cumplen las especificaciones de una determinada construcción soldada y determinar si entra dentro de los límites establecidos.

Su principal labor es encontrar, clasificar y valorar las desviaciones encontradas en los trabajos realizados según los códigos y normas que tengan que aplicarse.

Una vez que se decide inspeccionar un determinado trabajo, todo el proceso debe quedar plasmado por escrito y mencionar qué normas se aplican, quién realiza la inspección, qué defectos son admisibles y cuáles no y los criterios de aceptación o no de los trabajos realizados.

El proceso de inspección comienza ya en la recepción de los materiales y consumibles y en la conservación de los mismos, el traslado a obra, el montaje, las soldaduras, el acabado de la obra y cuantos factores diga la norma correspondiente que hay que controlar.



En cuanto a la soldadura propiamente dicha, el primer nivel de control lo realizará el propio soldador, como buen conocedor de su trabajo. Según vaya trabajando, se cerciorará de que el trabajo está bien hecho y reparará cualquier defecto que él considere que pueda afectar negativamente a las especificaciones requeridas.

El segundo nivel lo ejercerá lo que en el argot se llama *agente de la propiedad*, que suele ser una empresa externa e independiente encargada de la verificación de todos los aspectos de la obra y en particular de las soldaduras realizadas.

Esta empresa tendrá un protocolo de actuación establecido según las normas aplicables al caso y realizará todos las pruebas necesarias para la *correcta aplicación del plan de calidad*. Además de la inspección visual de las soldaduras, se realizarán los ensayos, tanto destructivos como no destructivos, para *garantizar que la calidad de las soldaduras está en los límites establecidos*.

#### **6.4. ENSAYOS DESTRUCTIVOS**

Son ensayos en los que, al realizarse, se destruye parte o toda la pieza ensayada. Estos ensayos no suelen practicarse mucho en soldadura porque casi siempre se ensaya soldadura terminada y, evidentemente, no interesa destruirla.

Se realiza para analizar muestras de piezas fabricadas en serie y que son de una gran responsabilidad o cuando se pretende comprobar la soldabilidad de nuevos materiales o de materiales diferentes.

##### **6.4.1. Ensayo tracción**

Consiste en someter a la probeta a un esfuerzo de tracción constante hasta que parta. Se realiza en una máquina hidráulica que va registrando el esfuerzo realizado y la deformación de la pieza hasta que se rompe.

De este ensayo se saca una gran cantidad de datos de interés para los cálculos posteriores con el material ensayado. En la Figura 6.4., se muestra el resultado del ensayo de un acero.

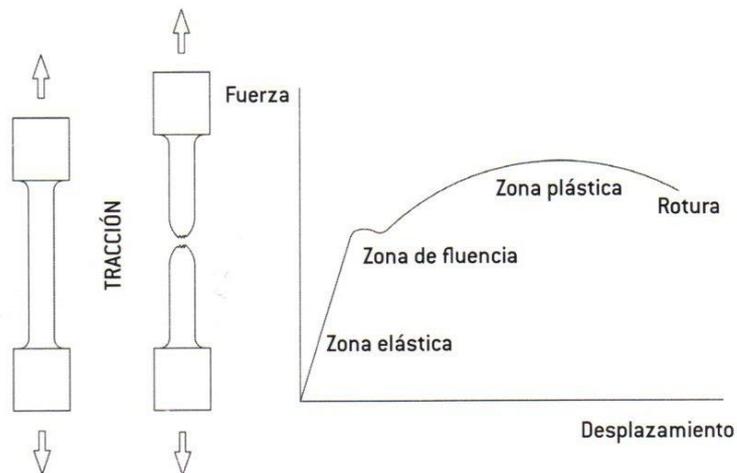


Figura 6.4. Ensayo tracción

### 6.4.2. Ensayo de dureza

Este ensayo mide la oposición que un material ofrece a ser penetrado por otro. Para realizarlo, se utiliza un material con una forma conocida y se hace una huella en el material a ensayar, midiendo esa huella podremos establecer en qué lugar de una escala previamente establecida se encuentra.

Los tres ensayos de dureza más conocidos son:

- **Brinel.** Este método utiliza una bola de acero como penetrador y sus resultados se designan como HB.
- **Vickers.** Utiliza como penetrador una pirámide de diamante de base cuadrada. Su resultado se designa como HV.
- **Rockwell.** Puede emplear tanto un penetrador cónico de diamante (su resultado se designa HRC) como una bola de acero (su resultado se designa HRB).

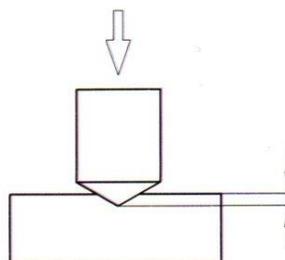


Figura 6.5. Ensayo de dureza

### 6.4.3. Ensayo de resiliencia

Este ensayo mide la resistencia de un material al impacto dependiendo de su temperatura.

Se realiza con un aparato llamado *péndulo Charpy* y se ensaya con varias probetas del mismo material a distintas temperaturas.

Este ensayo se lleva a cabo porque la resiliencia es una propiedad de los materiales que cambia bastante con la temperatura, materiales que a 30 °C tienen una buena resistencia a los golpes a -10 °C se vuelven frágiles.

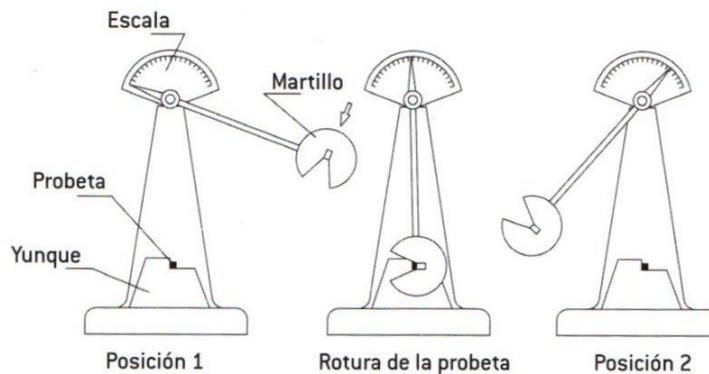


Figura 6.6. Péndulo Charpy

### 6.4.4. Ensayo de doblado

El ensayo de doblado o plegado consiste en someter a la probeta a una flexión para provocar su deformación hasta dejar sus caras paralelas o formando cualquier otro ángulo, según diga la norma que se aplique al ensayo.

Con ello, se consigue someter al material a un esfuerzo doble, por el interior del doblado a compresión y por el exterior a tracción.

Este enorme esfuerzo causará un daño en la superficie exterior que, normalmente, producirá grietas que pueden ser visibles o no y que nos darán una idea de la resistencia del material. Lo que se mide es el tamaño de las grietas si aparecen, pero van a aparecer casi seguro.

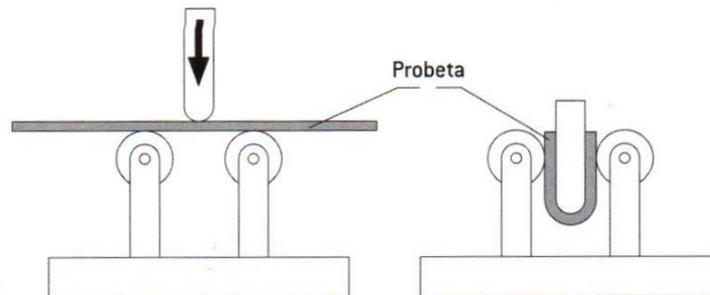


Figura 6.7. Ensayo de doblado

## 6.5. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Este grupo de ensayos pretende estudiar piezas ya terminadas, por lo que la característica que los define es que no alteran la pieza ni la modifican de ninguna manera.

### 6.5.1. Ensayos por líquidos penetrantes

Este ensayo revela las discontinuidades de superficies, o sea, las grietas. El método se basa en la capilaridad de los líquidos, que hace que penetren por las grietas estrechas y que se retengan ahí.

Es un método de ensayo muy usado en soldadura porque:

- Es barato, ya que no requiere apenas equipo.
- No depende de fuentes de energía.
- No depende de la forma geométrica ni de la posición de la superficie a ensayar.
- Es un ensayo de bastante eficacia y gran sensibilidad.

El ensayo se realiza de la siguiente manera:

1. Limpiar en profundidad y secar bien la parte a ensayar.
2. Aplicar el líquido penetrante.
3. Esperar a que el líquido penetrante actúe.
4. Recoger el exceso de líquido con un trapo húmedo para no eliminar el que se ha introducido en las grietas.
5. Dejar secar y aplicar el revelador, que extraerá el líquido penetrante y formará el mismo dibujo que la grieta.

### 6.5.2. Ensayo por partículas magnéticas

Como es sabido, los campos magnéticos generan líneas de fuerzas muy definidas, basta con poner un imán sobre la mesa donde antes hemos estado limando una pieza de acero para ver cómo se forman esas líneas.

Sin embargo, cuando hay discontinuidades en la superficie, esas líneas no pueden atravesar esa grieta porque en ellas se forman polos que, a su vez, forman nuevas líneas.

En esto se basa este ensayo: se magnetiza la superficie a ensayar, se rocía con algún polvo magnético, se examinan los dibujos que se forman y se desmagnetiza la pieza una vez se ha terminado.

Es un ensayo bastante usado y su limitación fundamental es que, evidentemente, el material a ensayar tiene que ser magnético (materiales férricos, cobalto, níquel, etc.).

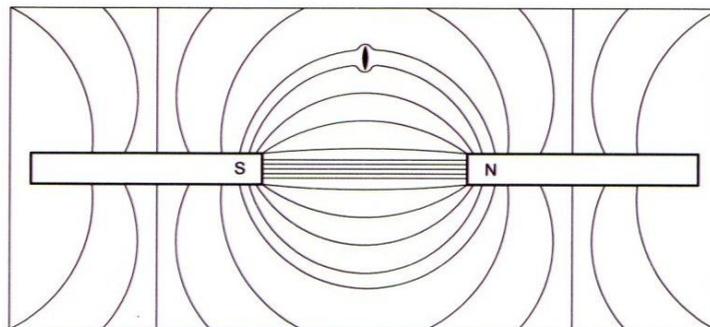


Figura 6.8. Ensayo por partículas magnéticas

### 6.5.3. Ensayos por ultrasonidos

En este tipo de ensayos, se utilizan ondas sónicas o acústicas. Este tipo de ondas son mecánicas y se transmiten a través de la materia, pero no se transmiten en el vacío como las ondas electromagnéticas.

El ensayo consiste en medir la velocidad de propagación del sonido dentro de un cuerpo. La velocidad de propagación del sonido en un cuerpo se llama *impedancia acústica* y depende de la frecuencia del sonido y de la densidad del material.

Para generar ondas ultrasónicas, se utilizan cristales piezo-eléctricos, que tienen la propiedad de transformar la energía eléctrica en mecánica y viceversa. Por este procedimiento, se generan ultrasonidos de entre 0,2 y 25 MHz.

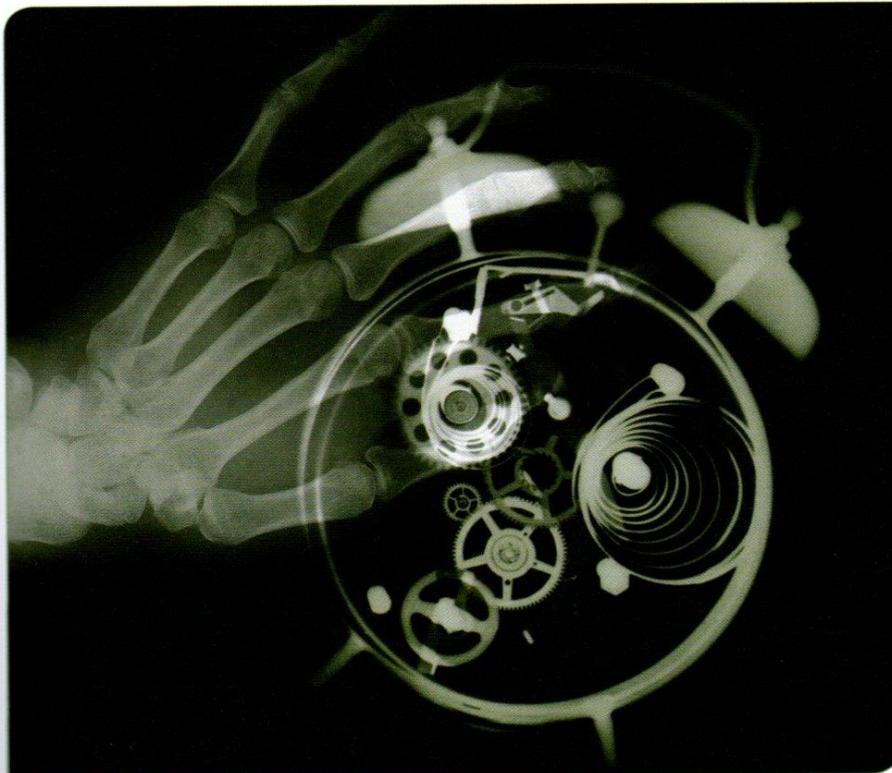
Si un material tiene algún defecto interior, será detectado porque, al cambiar su densidad, también cambiará la velocidad con la que se propaga el sonido dentro de él.

#### 6.5.4. Radiografías

Los rayos x son radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia y alta energía que son capaces de atravesar cuerpos físicos. Estas radiaciones se obtienen en tubos electrónicos con unas tensiones de miles de voltios.

La técnica empleada en este ensayo consiste en someter a la pieza a las radiaciones generadas por estos aparatos y obtener por transparencia una imagen de estas radiaciones en una película sensible.

Esta técnica es bastante peligrosa y exige de un control exhaustivo de las radiaciones emitidas de los medios empleados y de las radiaciones que reciben los técnicos en estos trabajos.



**Figura 6.9.** La radiografía no solo se utiliza en medicina, también se usa para el estudio del interior de los objetos y de las soldaduras