

# Errores en la utilización de ultrasonidos para detectar defectos en los metales

Ing. Saverio Spinelli\*

## RESUMEN

Los métodos de control de calidad con ultrasonidos pueden ser afectados por muchos factores que alteran los resultados. El operador debe conocerlos para evitar interpretaciones erróneas de las señales.

## INTRODUCCION

Las técnicas de examen de los metales con ultrasonidos se puede dividir en cuatro grupos:

- Técnica por transmisión o por transparencia
- Técnica por reflexión o por eco directo
- Técnica por resonancia
- Técnica por ecos múltiples

Aquí trataremos solo de la técnica por reflexión por ser la más utilizada actualmente en el país y comenzaremos por una breve explicación de los fundamentos de este método.

### 1. TECNICA POR REFLEXION

Según este método un haz de ondas ultrasónicas, al encontrar una discontinuidad metal-aire, es reflejado. Por medio de un generador y de un transductor-transmisor (T) ver figura 1, se emiten, rítmicamente en la pieza en examen, una serie de ondas (sistema por impulsos) que se propagan dentro de la masa metálica. Dichas ondas se reflejan en correspondencia de la superficie límite metal-aire, en

el caso de piezas sanas, o donde haya una discontinuidad o defecto presente en la pieza.

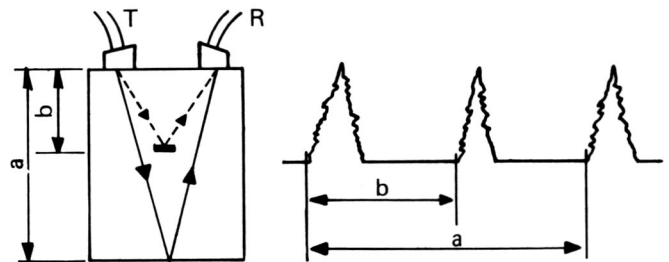


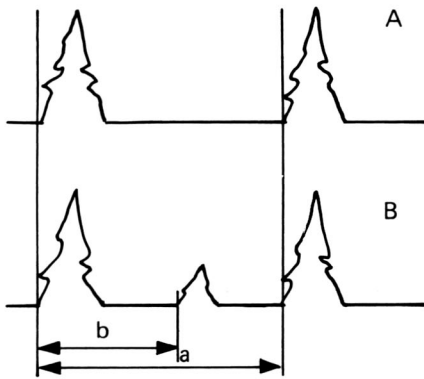
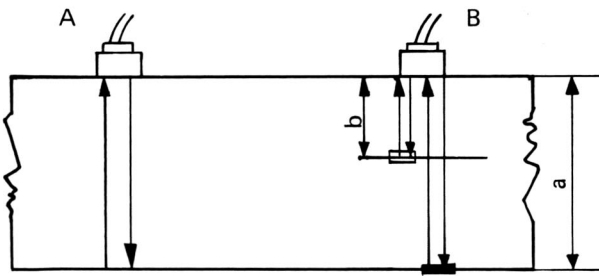
FIGURA1- Esquema de la técnica por reflexión y oscilograma correspondiente.

Las ondas de los ecos generan en el transductor receptor (R) oscilaciones eléctricas que, amplificadas, se transmiten a las placas verticales de un tubo de rayos catódicos y así se observan sobre la pantalla del tubo una serie de picos.

La distancia entre picos es proporcional al tiempo ocupado por la onda para llegar al defecto y regresar al receptor, o bien es proporcional a la distancia entre la superficie de la pieza y el defecto.

En la actualidad la mayoría de los equipos trabajan con un solo transductor que sirve de transmisor y de receptor. En este caso la transmisión se regula de forma que, entre la salida de un impulso y el siguiente, el transductor trabaje como receptor. En la figura 2 está esquematizada la realización de un examen y en la figura 3 los oscilogramas que se observan respectivamente en una zona sin defectos (posición A) y en una zona con defecto (posición B).

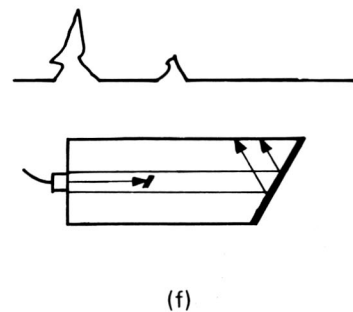
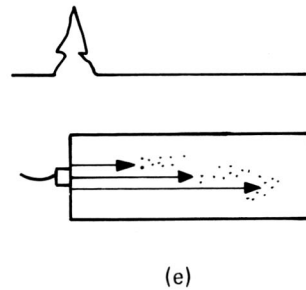
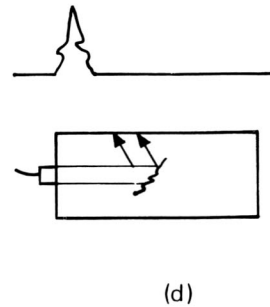
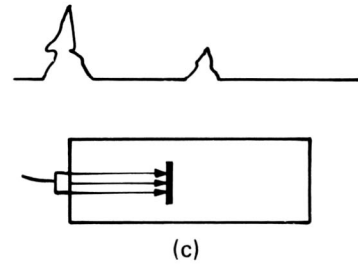
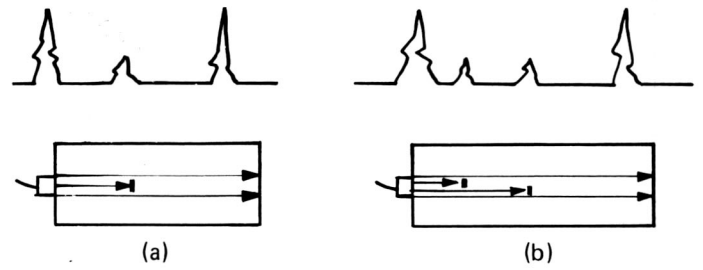
\* Graduado en Ingeniería Mecánica en la Universidad de Trieste, Italia. Funcionario del Departamento de Mantenimiento Industrial. I.T.C.R. Miembro del Programa de Cooperación Técnica Italia - Costa Rica.



**FIGURA 2** – Oscilogramas relativos a una pieza sin defectos (A) y una con un defecto a distancia  $b$  de la superficie (B)

Para la interpretación de los oscilogramas se debe tener presente que la distancia entre el eco de partida y el eco de fondo representa una medida del tiempo necesario a los ultrasonidos para recorrer el camino transductor-pared-transductor. Dado que para un mismo material la velocidad de los ultrasonidos es prácticamente constante, sobre la pantalla se puede poner una escala ajustada en unidades de espesor de tal forma que, con una sencilla lectura, se puede conocer la distancia entre la superficie de acoplamiento del transductor y la pared que refleja el eco de fondo o el eventual defecto. Este ajuste se debe repetir para cada tipo de material (acero, aluminio, etc.).

En la figura 3 se representan oscilogramas de algunos tipos de defectos de diferente dimensión y orientación con respecto a la dirección del haz ultrasónico.



## 2. CAUSAS DE ANOMALIAS Y ERRORES

Los factores que pueden determinar alteraciones que conduzcan a errores de interpretación pueden ser:

- a) características físicas de la emisión
- b) geometría de la irradiación, de las piezas en examen y de los defectos
- c) condiciones de acoplamiento

### 2.1 Características físicas de la emisión

Las características físicas de la emisión dependen de las características de construcción del equipo. Podemos tener:

- a) falta de la presentación del pico de un defecto que se encuentre en la zona del material próxima a la superficie de prueba (la zona muerta es casi siempre mayor de 10 mm). Como se muestra en la figura 4

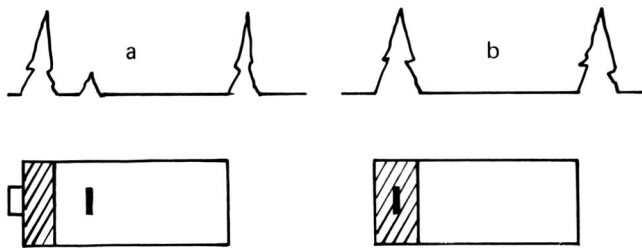


FIGURA 4 – a) Defecto indicado porque está suficientemente lejos del transductor  
b) Defecto no indicado porque está en la zona muerta del transductor

- b) falta de la presentación del pico de un defecto que se encuentre a poca distancia de otro defecto (véase figura 5)

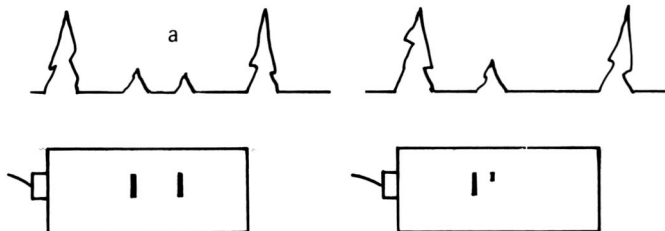


FIGURA 5 – a) Dos defectos localizados individualmente porque están suficientemente lejos el uno del otro  
b) Dos defectos indicados como uno solo porque están demasiado cerca.

- c) falta de la presentación del pico de un defecto que se encuentre a corta distancia de una superficie reflectora de la pieza (agujeros, fondo, etc.) Ver Figura 6

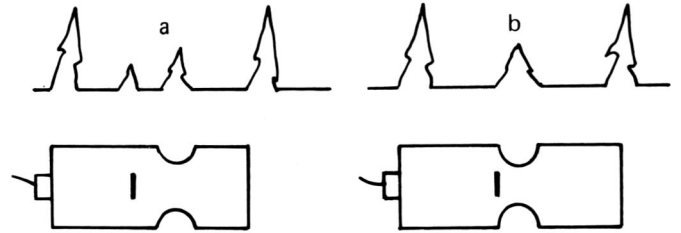


FIGURA 6 – a) Defecto indicado, distinto de una superficie reflectora  
b) Defecto no indicado porque está cerca de una superficie reflectora de la pieza

### 2.2 Geometría de la irradiación

El haz de ultrasonidos se propaga de manera dependiente de la frecuencia, del diámetro del transductor y el material. Se recomienda trabajar con haces de ultrasonidos muy direccionales o sea poco divergentes, pues, en caso contrario, se puede tener un poder resolutivo insuficiente en el sentido transversal como se ilustra en la Figura 7 y obtener una sola indicación en presencia de dos defectos distanciados entre ellos pero a la misma distancia de la superficie de prueba.

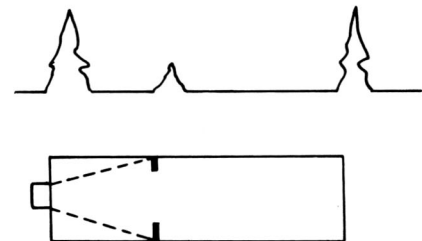
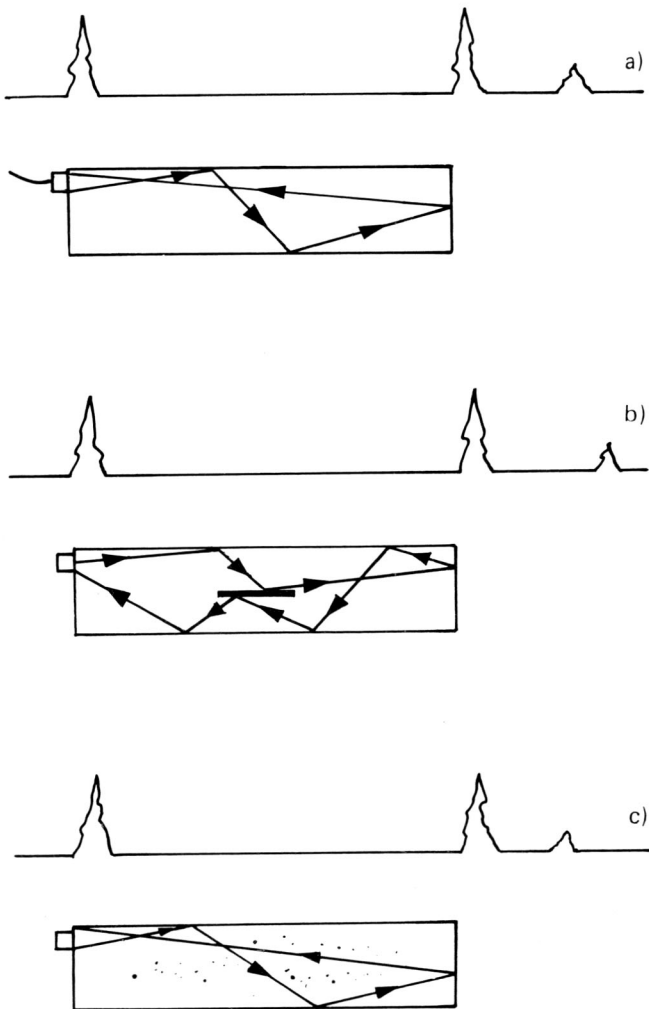


FIGURA 7 – Dos defectos en línea se detectan como uno solo

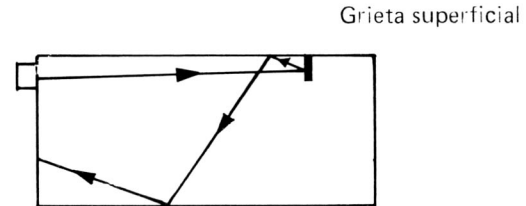
La divergencia del haz es también causa del efecto lateral. Cuando se examinan piezas o bloques de forma paralelepípeda este efecto origina "picos parásitos" a la derecha del pico de fondo.

La observación de picos parásitos permite a veces revelar defectos de otra forma no revelados. En la Figura 8 está ilustrada, esquemáticamente, la forma en que una discontinuidad planar longitudinal o una serie de pequeñas discontinuidades en dispersión (como porosidad o segregaciones) pueden alterar la presentación de picos parásitos. Como se ve en (b), un defecto planar puede determinar su desplazamiento más a la derecha, mientras los defectos en dispersión (c) pueden reducir su altura de manera sensible. Estas observaciones son posibles por comparación con un bloque standard (a) de material y dimensiones iguales a aquellas del objeto en examen.



**FIGURA 8** – Desplazamiento (b) y variación en la altura (c) en el pico parásito debido a discontinuidades planares y dispersiones.

Se observa algunas veces que las grietas de fatiga no se revelan examinando la pieza con direcciones casi perpendiculares a las grietas por el efecto ilustrado en la Figura 9. El haz que cae sobre la grieta se refleja atrás pero se convierte en ondas transversales de la pared lateral y se desvía de manera que no llega al transductor.



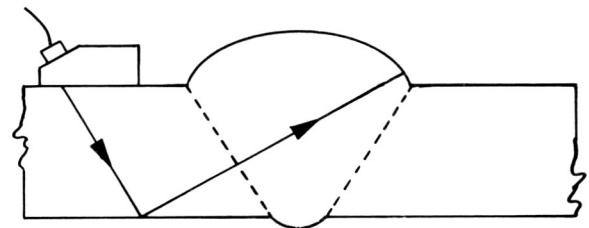
**FIGURA 9** -- Por causa de reflexión superficial el defecto no se detecta

### 2.3 Geometría de las piezas

Por causa de la variedad de formas y dimensiones de las piezas en examen se pueden tener a menudo picos que pueden simular defectos y que se tienen que controlar cuidadosamente. Consideramos algunos casos típicos:

a) Irregularidades en los cordones de soldadura.

En el caso de la Figura 10 un excesivo espesor de la soldadura es la causa de las reflexiones y estas no se deben interpretar como defectos internos.



**FIGURA 10**– Reflexión debido a un excesivo espesor de soldadura

b) Agujeros cilíndricos

Un hueco cilíndrico, dispuesto perpendicularmente al haz de ultrasonidos, refleja solo sobre la generatriz dirigida hacia el transductor. Si el agujero se encuentra en un cilindro o en un paralelepípedo se pueden obtener otros dos picos debidos al mis-

mo agujero presentados con cierto atraso con respecto al primero (Figura 11). Además del eco directo (a) es posible la reflexión (b) sobre la generatriz a  $45^\circ$  sobre la pared lateral y regreso y la reflexión (c) sobre la generatriz a  $61^\circ$  (conversión en ondas transversales T) sobre la pared lateral y regreso.

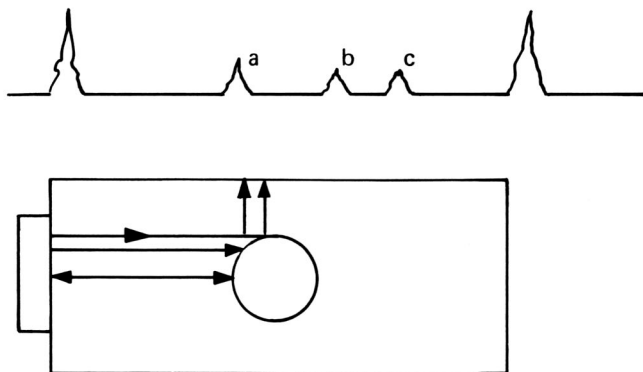


FIGURA 11- Dispersión de picos debido a la presencia de un agujero cilíndrico

c) Efectos de forma

Las muchas particularidades de forma (roscas, codos, etc.) pueden ocasionar reflexiones que se presentan en la pantalla. Es tarea del operador vigilar la posibilidad de que eso pase y no considerar un pico como índice de un defecto sino después de las comprobaciones oportunas.

2.4 Geometría de los defectos

Las modalidades con las que un haz de ultrasonidos se refleja o difunde por un defecto dependen también de la configuración geométrica del defecto y de su orientación con respecto a la dirección del haz.

Podemos considerar algunos ejemplos notables:

a) el efecto de reflexión de una cavidad cilíndrica o esférica es mucho menor que la de una discontinuidad planar de área equivalente (Figura 12).

b) según el ángulo con que el haz incide sobre un defecto planar, la intensidad de la reflexión varía de un mínimo (a veces casi cero), si el haz es para-

lelo al defecto, a un máximo si es perpendicular. (Figura 13)

c) la orientación de un defecto planar puede ser tal que no se envíe el eco directamente al transductor. El eco puede no regresar más y entonces no se obtiene señal alguna del defecto o puede regresar al transductor después de un recorrido más largo del directo. En este caso el pico se encuentra desplazado más a la derecha de lo que correspondería a la posición del defecto (Figura 14).

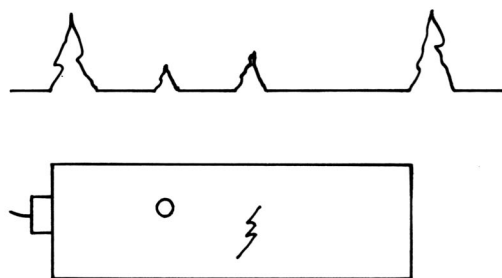


FIGURA 12-

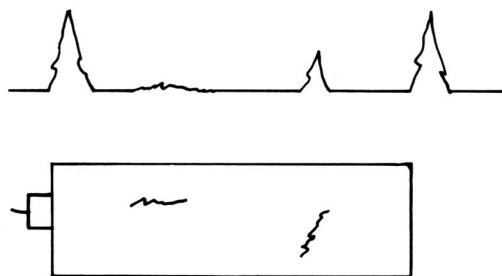


FIGURA 13-

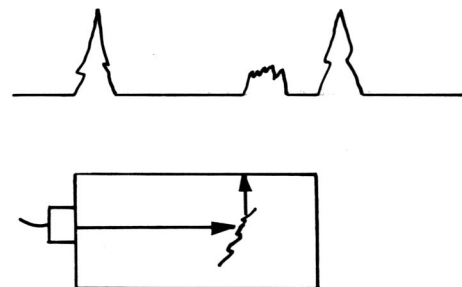
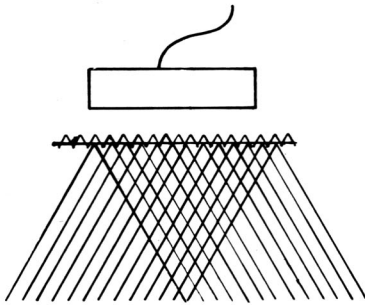


FIGURA 14-

## 2.5 Condiciones de acoplamiento

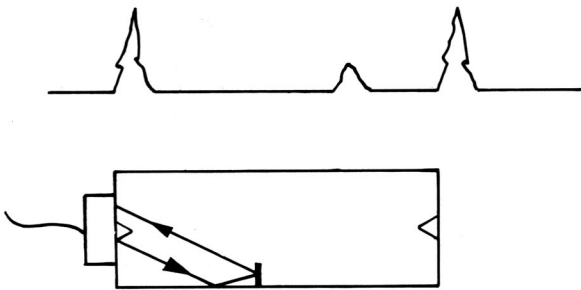
Las modalidades de acoplamiento entre transductor y superficie influyen mucho sobre la intensidad de la energía que se introduce en la pieza en examen: un acoplamiento imperfecto puede causar anomalías en la propagación del haz ultrasónico. Consideremos unos ejemplos:

a) el acoplamiento sobre una superficie que presente alta rugosidad superficial puede causar la dispersión del haz en direcciones distintas de la que se quiere como se muestra en Figura 15.



**FIGURA 15—** Dispersiones debidas a rugosidad superficial

b) cuando solo una parte y no toda la superficie del transductor está acoplada, como en el ejemplo de la figura 16, se producen también ondas transversales y superficiales en cantidad dependiente de la geometría del acoplamiento y del medio de acoplamiento. Como consecuencia se puede tener la falta de señalación del defecto o su presentación a distancia mayor que la real.



**FIGURA 16—** Desplazamiento del pico debido al mal acoplamiento entre transductor y superficie

## CONCLUSIONES

Además de las causas de error examinadas aquí existen otras causas más complejas relacionadas con la frecuencia y las características del material en examen. Estas causas pueden ser debidas a fenómenos de resonancia que se originan por ejemplo en piezas de fundición cuyos granos cristalinos tengan igual tamaño que una media longitud de onda (o múltiplo) u otras causas debidas a la variación del coeficiente de reflexión al variar la impedancia acústica y otras más complejas.

En fin nos damos cuenta que en este campo de trabajo las variables que entran en juego son tantas y tan diversas que la única solución para mejorar nuestros conocimientos es la investigación sistemática que permita la publicación de las ondas de respuesta de los más variados defectos.

## LITERATURA CONSULTADA

American Society for Metals. **Metals handbook V.11 Non-destructive inspection and quality control.** 8 ed. Ohio, 1976.

Zoja y Nicodemi. **Metalurgia.** Milán: Ed. Tamburini, 1972.