

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO /	AÑO 1976

09.76.03

CNEA - NT 17/76

IRAM - CNEA
Junio de 1976
Esquema de Norma*

METODO DE EMPLEO DEL BLOQUE DE CALIBRACION
IRAM 723 , PARA CALIBRACION DE APARATOS DE
ENSAYO ULTRASONICO POR TECNICA PULSO - ECO

*Esquema preparado por el INEND para homologar de acuerdo al convenio IRAM - CNEA.-

METODO DE EMPLEO DEL BLOQUE IRAM 723 PARA
CALIBRACION DE APARATOS DE ENSAYO
ULTRASONICO POR PULSO ECO.

Esquema 1 de norma
IRAM-CNEA.....
Abril de 1976.

1.- NORMAS A CONSULTAR

IRAM

TEMA

Ultrasonido-Bloque
para calibración de
aparatos de ensayo.

2.- OBJETO

2.1. Esta norma tiene por objeto establecer los procedimientos para calibrar y fijar las condiciones de funcionamiento y sensibilidad de instrumentos y sondas a utilizar en el ensayo ultrasónico de piezas o componentes de acero mediante técnicas de pulso-eco o pulso-transmisión aplicadas por contacto, empleando el bloque de calibración IRAM 723.

2.2. En la presente norma se establecen los procedimientos a que debe ajustarse el operador para que dichas calibraciones sean comparables, dentro de las limitaciones de este tipo de ajuste.

3.- CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. Las técnicas de pulso-eco o pulso-transmisión por contacto son de aplicación corriente en el ensayo ultrasónico de los materiales para detectar discontinuidades o defectos.

3.2. Al efectuar los ensayos se debe tener la seguridad de que el equipo utilizado (instrumento electrónico y sonda ultrasónica) está operando en condiciones de sensibilidad determinadas y reproducibles de manera tal que las informaciones obtenidas (altura y posición de ecos) puedan ser directamente comparables.

3.3. Esto es particularmente importante luego de efectuar reparaciones en el equipo electrónico (ajustes, reemplazo de válvulas, etc.) o cuando durante la inspección se debe cambiar de equipo o se usan varios de ellos en distintos lugares.

3.4. Es además importante tener la posibilidad de hacer verificaciones periódicas de las condiciones de funcionamiento del equipo en el lugar de trabajo para asegurarse que su sensibilidad no ha variado o no es afectada por alteraciones en la tensión de alimentación, por variaciones en la emisión de las válvulas, por

desgaste o modificaciones de montaje del cristal de la sonda. Verificar también el mantenimiento de la linealidad de la base de tiempo del equipo electrónico.

3.5. Finalmente puede ser necesario controlar el ángulo y posición de salida del haz ultrasónico en sondas angulares.

3.6. Para satisfacer estas necesidades en la norma IRAM 723 se ha descrito un bloque de acero para calibración que contiene los elementos necesarios para hacer las verificaciones descriptas.

3.7. Se debe tener presente que estas calibraciones se hacen para obtener referencias en la operación del equipo y permitir comparaciones de sensibilidades relativas pero que nunca deben ser utilizadas como elemento de juicio para evaluación de defectos en forma absoluta.

4.- ELEMENTOS NECESARIOS

4.1. Además del equipamiento a utilizar en la tarea de inspección (equipo electrónico, conectores y sonda) se utilizará el bloque de calibración descrito en la norma IRAM 723.

5.- REQUISITOS.

5.1. Las calibraciones efectuadas deben considerarse válidas únicamente para el conjunto de equipo electrónico, conectores y sonda utilizada. El cambio de uno cualquiera de dichos elementos exige una nueva calibración.

5.2. El equipo electrónico debe ser conectado y puesto en operación el tiempo previo a la calibración que sea necesario para que el mismo se encuentre en régimen de funcionamiento.

6.- PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION

6.1. Verificaciones a realizar

Utilizando el bloque de calibración indicado en el punto 4.1. se pueden efectuar las siguientes verificaciones:

- Linealidad de la base de tiempo del osciloscopio.
- Calibración de las escalas fijas o adicionales usadas para indicar el alcance o rango de medida. Esto incluye la corrección del punto cero debido al retardo de vibración del cristal y del retardo producido por la cuña de plástico en las sondas angulares.
- Estimación de la zona muerta.
- Ajuste de la sensibilidad de trabajo del conjunto equipo electrónico-sonda.

- Estimación del poder de resolución.
- Determinación del punto de salida del haz y determinación del ángulo de refracción verdadero en sondas angulares.
- Medición de la distancia de reflexión y ajuste de la indicación en distancia proyectada.

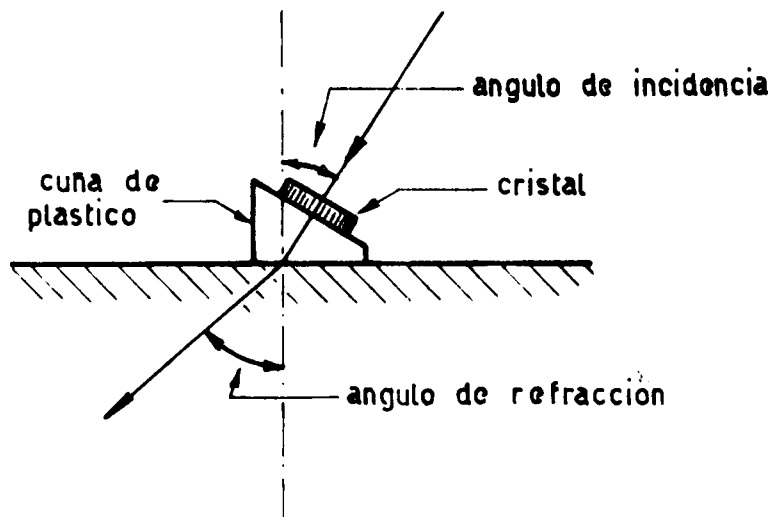


Fig. 1. ANGULO DE REFRACCION

6.2. Comprobación del equipo.

6.2.1. Linealidad horizontal.

- Fijar el rango de la escala horizontal en 100 mm. y apoyar la sonda sobre el bloque patron, con un medio de acople adecuado sin ejercer excesiva presión, en la posición que corresponde a un espesor de 25 mm. (Fig. 2).

- Observar en la pantalla la sucesión de ecos de fondo y verificar si la distancia entre los mismos se mantiene constante.

- La escala se debe considerar lineal cuando no existen diferencias en las distancias entre los distintos ecos, aun cuando haya alguna diferencia pequeña respecto a la distancia entre el pulso de entrada y el primer eco.

- Si no existe linealidad se debe proceder a repetir la verificación usando otra sonda para discriminar si el defecto es del equipo electrónico o debido a la sonda.

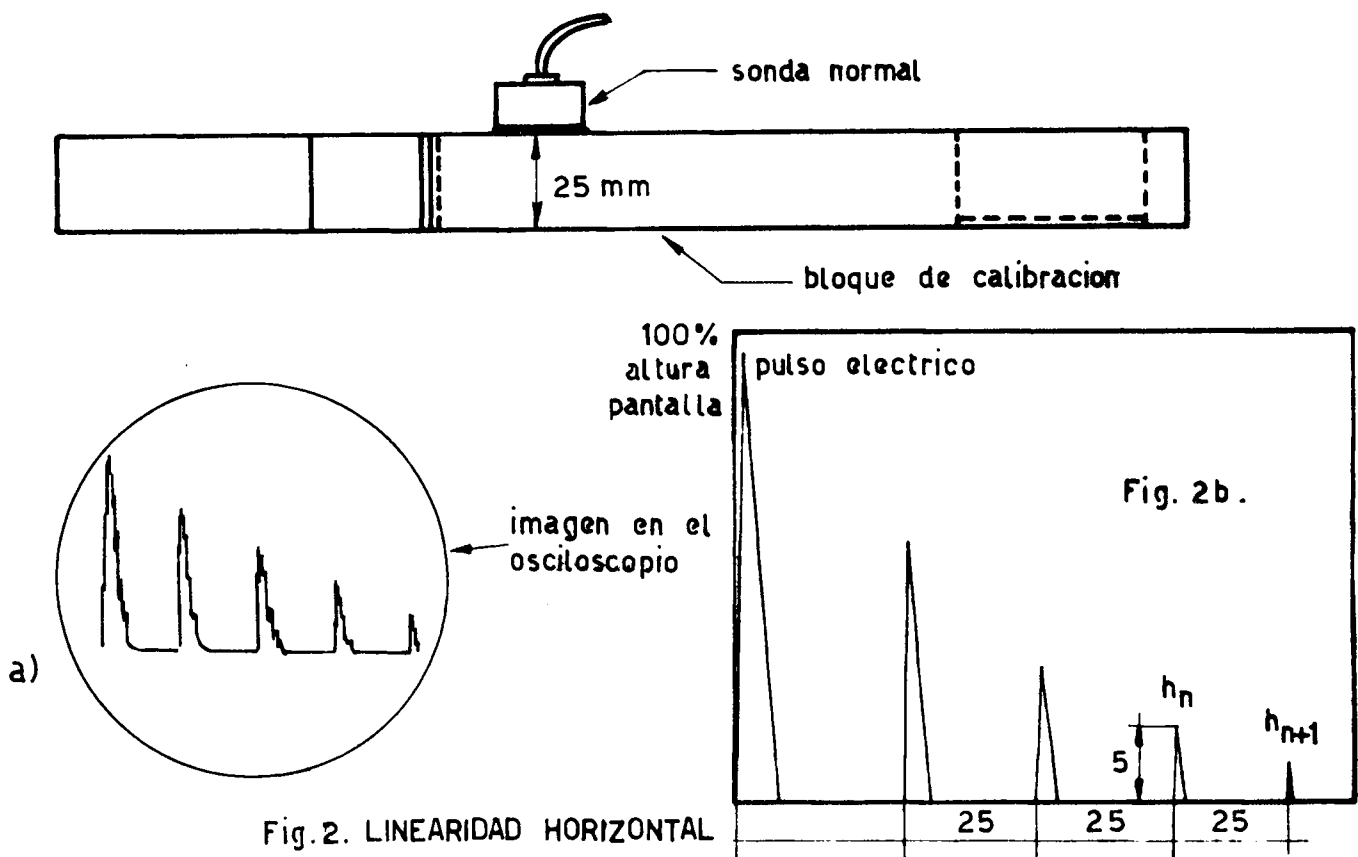
6.2.2. Linealidad Vertical.

Trabajando con el mismo rango de escala y posición de la sonda en el bloque que en el punto 6.2.1. se obtiene una representación en la pantalla de 4 ecos separados 25 mm. uno del otro (Fig. 2).

Con el mando de amplificación por pasos se lleva a la altura del anteúltimo pulso, llamado h_n , a un valor aproximado de 5 mm. Luego se lee la altura del pulso siguiente, h_{n+1} , y se realiza el cociente de las alturas de los ecos: h_n y h_{n+1} (Fig. 2). Aumentando un paso la ganancia, leer nuevamente las nuevas alturas de los ecos y realizar su cociente. Repetir periódicamente este procedimiento hasta que la altura del eco h_n llegue al 100% de altura de pantalla.

El equipo tiene linealidad vertical si el cociente entre las alturas en cada paso de amplificación añadida es un valor constante e igual.

Si el valor de los cocientes de altura de los ecos varía a partir de un determinado paso de amplificación, el sistema es linealmente vertical hasta la altura de pantalla igual a la altura del eco h_{n+1} , para el cual el cociente de altura de ecos todavía es constante.



6.2.3. Estimación de la zona muerta.

Colocar la sonda normal en la posición indicada en la figura 3a. Si se obtiene eco la zona muerta es menor que 5 mm. (distancia de la cara al reflector de plástico).

Si en la posición anterior no se obtiene eco se debe colocar la sonda en la posición indicada en la figura 3b. Si se obtiene eco la zona muerta tiene un valor entre 5 y 10 mm. Si no se obtiene eco será mayor que 10 mm.

El valor de la zona muerta depende de la duración de los pulsos y del tiempo entre ellos.

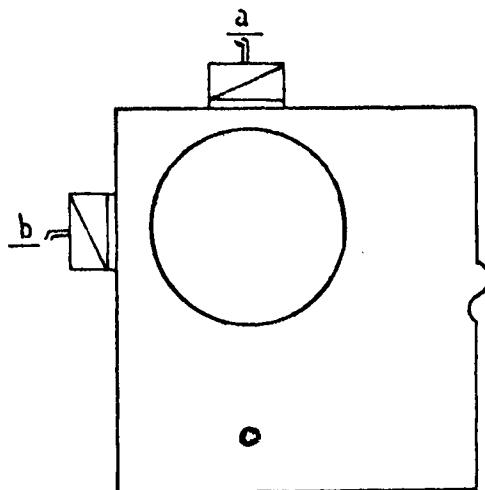


Fig.3.

6.3. Uso de sondas normales (ondas longitudinales).

Se utiliza un cabezal o sonda que emite el haz ultrasónico en dirección normal a su superficie. La propagación se efectúa a través del material en forma de ondas longitudinales.

6.3.1. Calibración de la escala y verificación de su linealidad.

Encontrándose el equipo electrónico en régimen de funcionamiento conectar la sonda normal y proceder de acuerdo a las siguientes indicaciones:

- fijar el rango de la escala en el valor inmediato superior al espesor que se ha de ensayar.
- apoyar el cristal sobre el bloque patrón, con un medio de acople adecuado, sin ejercer excesiva presión, en la posición de 25 mm. de espesor, Fig. 4 a), si el rango

es menor que 200 mm. o en la posición de 10 mm., Fig. 4 b), si el rango es mayor que 200 mm.

- observar en la pantalla la sucesión de ecos de fondo obtenidos. La constancia en la separación entre ecos indica la linealidad de la base de tiempo
- actuando sobre los controles del equipo ajustar la distancia entre dos ecos de fondo sucesivos de manera que coincida con el espesor recorrido en el bloque de calibración (25 o 100 mm. según corresponda).

Este ajuste debe hacerse sobre el control que adecua la base de tiempo a la velocidad del sonido en el material.

- si la distancia entre ecos es correcta pero no coincide con las indicaciones de la escala efectuar el corrimiento hasta lograr la coincidencia actuando sobre el ajuste de acero del equipo.

Lograda esta coincidencia para los distintos ecos se podrá observar que el impulso de entrada se encuentra desplazado a la izquierda del cero. Esto es debido al defasaje de tiempo que existe entre la aparición del eco en la pantalla y el momento en que el haz de ultrasonido emerge del cristal ("retardo de vibración del cristal").

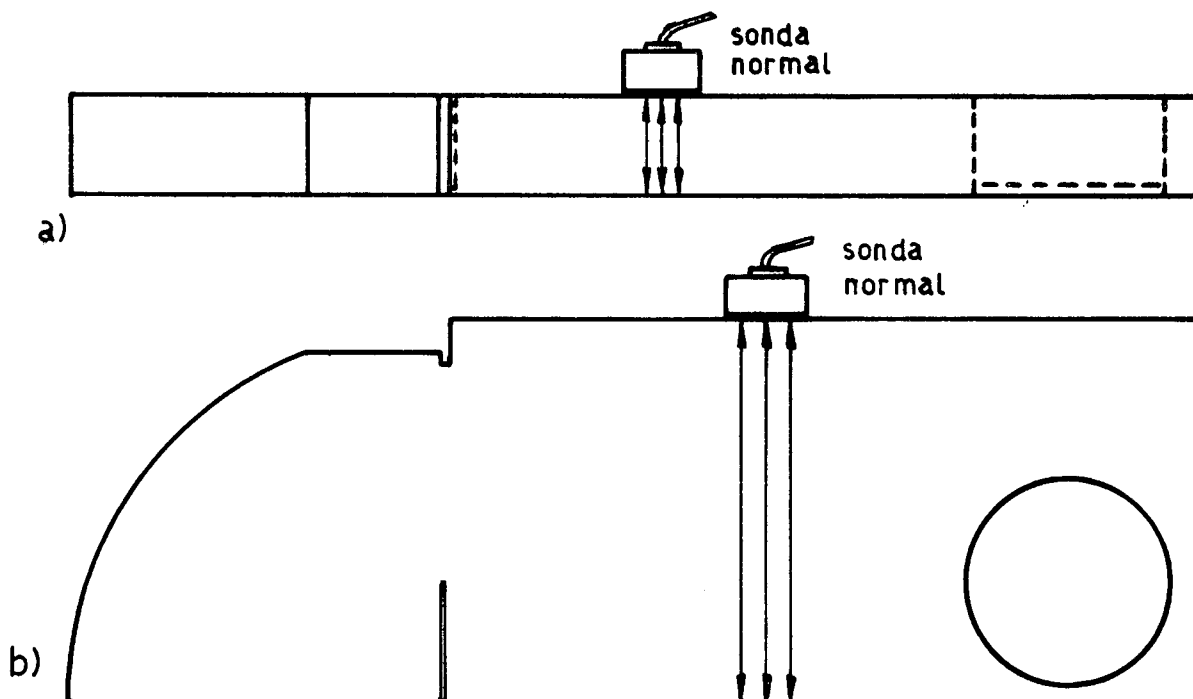


Fig.4. CALIBRACION DE ESCALA CON SONDA NORMAL

6.3.2. Verificación de la sensibilidad de trabajo.

Esta verificación se realiza a fin de obtener datos de referencia que permitan comprobar, mediante las posteriores verificaciones, si se mantiene la sensibilidad de trabajo del equipo durante el transcurso de los ensayos. No debe utilizarse para la evaluación de sensibilidad de indicación por cuanto esta última no puede ser verificada mediante el uso del bloque en consideración.

El procedimiento de ajuste depende de que se deba trabajar con alta o con baja ganancia.

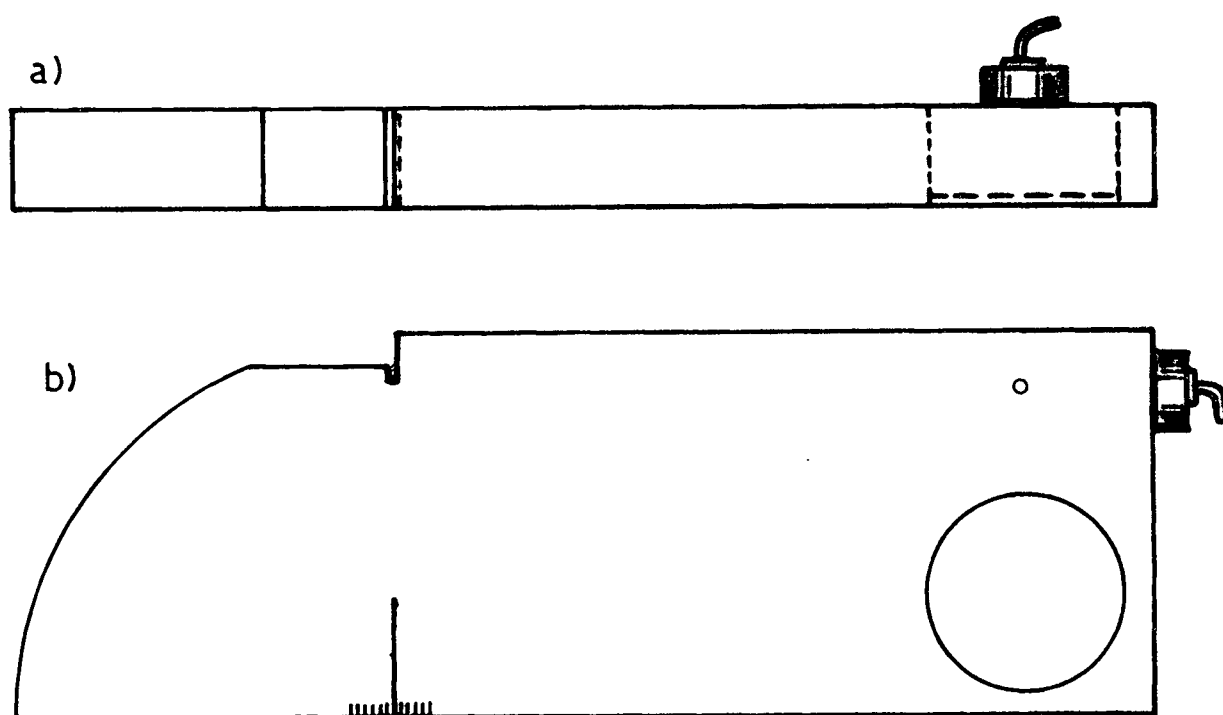


Fig.5. AJUSTE DE SENSIBILIDAD CON SONDA NORMAL.

6.3.2.1. Verificación con alta ganancia.

- Fijar la sonda en la posición indicada en la Fig. 5 a), sin ejercer presión excesiva y usando líquido acoplante adecuado
- calibrar la escala en el rango de 200 mm.
- hacer coincidir el primer eco con la división 50 mm.

ya que el espesor de plástico equivale a dicha distancia en acero.

- Registrar el número de ecos, la altura del último de ellos visible en la pantalla y la ganancia de trabajo.

6.3.2.2. Verificación con baja ganancia.

- Fijar la sonda en la posición indicada en la Fig. 5 b).
- Desplazar el cabezal hacia arriba y hacia abajo hasta conseguir la máxima altura en el eco proveniente del agujero de 1,5 mm.
- Ajustar la ganancia al valor requerido.
- Registrar los datos correspondientes a la altura del eco y la ganancia de trabajo.

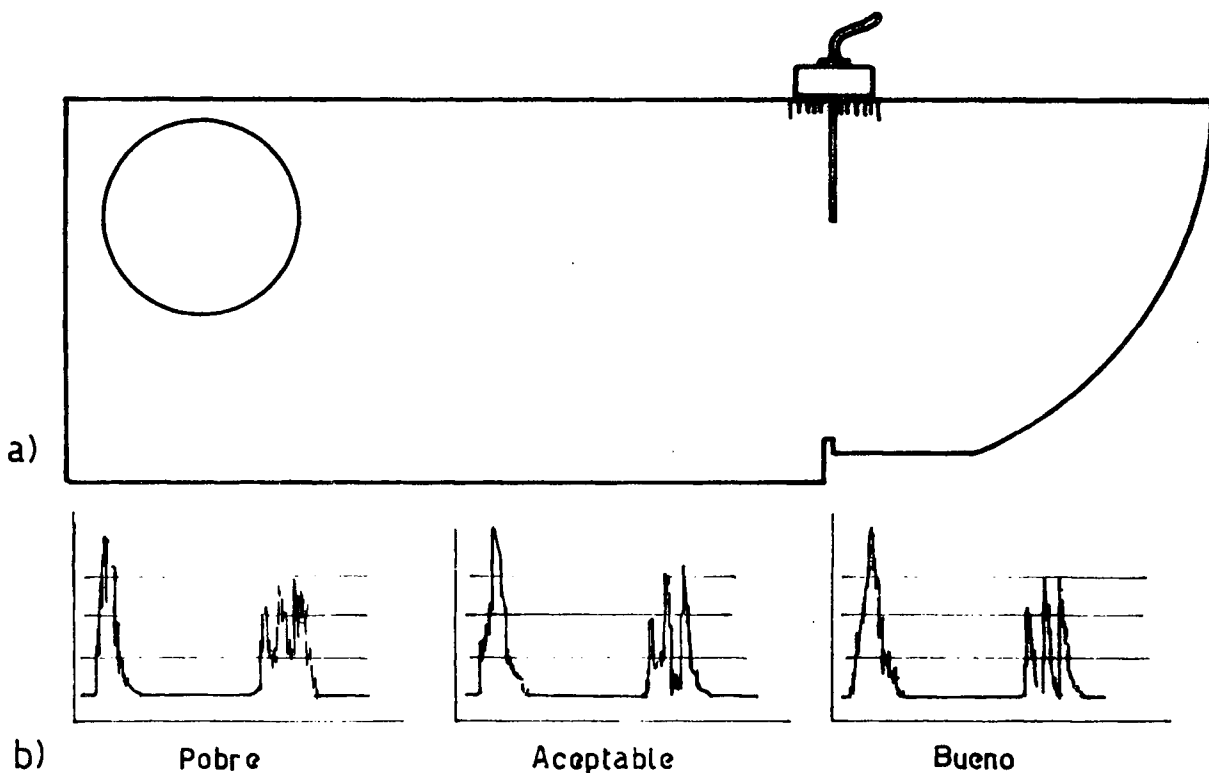


Fig. 6. ESTIMACION DE RESOLUCION CON SONDA NORMAL.

6.3.3. Estimación del poder de resolución.

- Ubicar la escala en el rango calibrado de 200 mm.
- Fijar la sonda en la posición de la Fig. 6a).

- En la posición indicada se obtendrán en la pantalla del instrumento los ecos correspondientes: al espesor de 100 mm., parte más ancha del bloque, el espesor de 85 correspondiente a la ranura y al espesor de 91 mm. correspondiente al rebaje.
- Se ajusta la altura del mayor de los ecos de manera que alcance los $\frac{2}{3}$ de la altura de la pantalla, actuando sobre el control de la ganancia y se observa la apariencia de las señales comparandolas con los esquemas de la Fig. 6b).
- De acuerdo a la comparación efectuada la resolución debe ser calificada como: buena, aceptable o pobre.

6.4. Uso de sondas angulares.

Las sondas angulares para ondas transversales usan una cuña de material plástico (acrílico) para obtener el ángulo de refracción correspondiente.

Al usar estas sondas además de la comprobación del equipo deben hacerse las siguientes verificaciones:

6.4.1. Determinación del punto de salida del haz y calibración de la indicación de distancia.

Fijar la sonda sobre la ranura fresada del bloque de calibración, con el haz orientado hacia la cara curva, como se indica en la figura N° 7. Desplazar hacia atrás y adelante la sonda hasta conseguir en la pantalla el eco de altura máxima.

En la posición de eco máximo marcar en la sonda el punto que coincida con la ranura del bloque de calibración. Dicho punto es el punto de salida del haz de ultrasonido.

Para ajustar la indicación de distancia cubrir con el primer eco la marca 100 mm. de la escala del osciloscopio. El segundo eco procedente de la ranura fresada debe coincidir con la marca 200 mm. en la misma escala. Este ajuste de indicación de distancia sólo sirve para aceros con una velocidad de onda transversal de $3255 \text{ m/s} \pm 15 \text{ m/s}$.

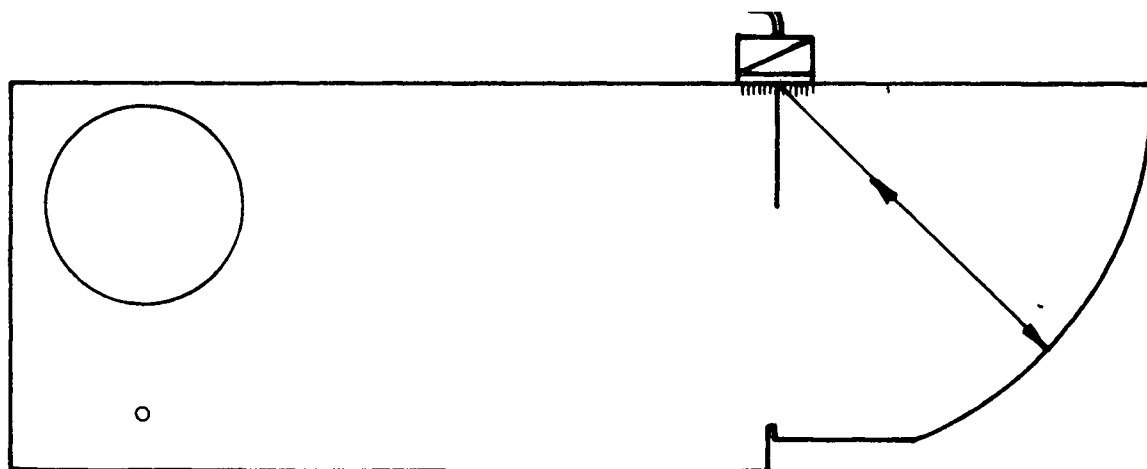


Fig. 7. PUNTO DE SALIDA DEL HAZ.

6.4.2. Ajuste de la indicación de distancia usando sonda normal.

En casos especiales (por ejemplo, para alcances de ensayos grandes o cuando se desea una sucesión más densa de los ecos de comprobación) puede ampliarse la distancia de 91 mm. del bloque de calibración, utilizando una sonda normal de ondas longitudinales, ya que el tiempo de recorrido del impulso para ondas longitudinales en una distancia de 91 mm. es igual al tiempo de recorrido para ondas transversales en una distancia de 50 mm.

En primer lugar, entonces, se coloca la sonda normal en la posición indicada según la figura 8a). La representación de ecos en la pantalla corresponde a la indicada en la figura 8b)

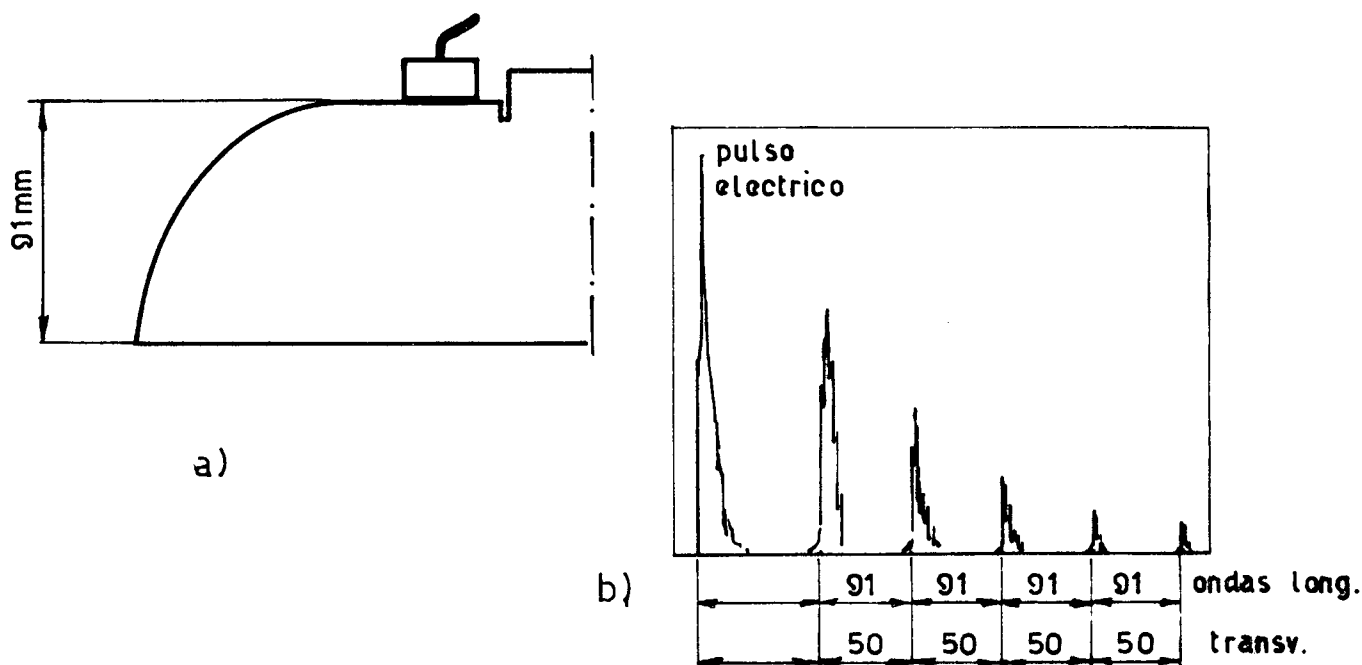


Fig. 8 .

6.4.3. Determinación del ángulo de refracción verdadero.

- Fijar la sonda con el punto de salida del haz en coincidencia con la marca del bloque de calibración correspondiente al ángulo nominal de la misma y con el haz orientado hacia el disco plástico como se indica en la figura 9a) para ángulos entre 35° y 65° . Si el ángulo está comprendido entre 60° y 75° se debe ubicar la sonda según se indica en la Fig. 9b) usando como reflector al disco de plástico.

Para ángulos entre 75° y 80° la sonda se debe posicionar como se indica en la figura 9c), con el haz orientado hacia el orificio de 1,5 mm. de ϕ .

En la posición que corresponda desplazar hacia atrás y hacia adelante la sonda hasta obtener en la pantalla el eco máximo.

El valor del ángulo, marcado en el bloque de calibración que coincide con el punto de salida del haz en la sonda en el momento de eco máximo corresponde al ángulo de refracción verdadero.

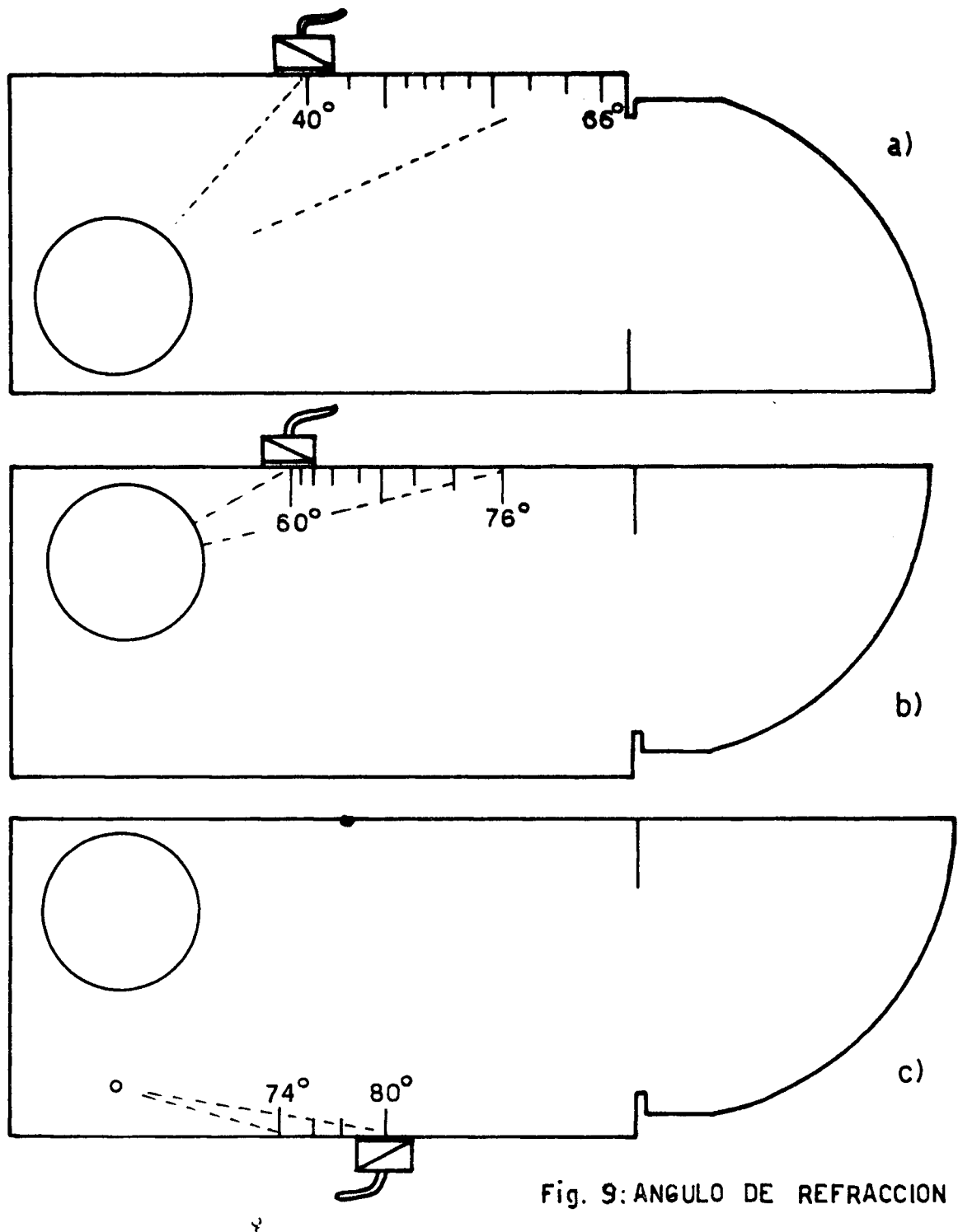


Fig. 9: ANGULO DE REFRACCION

6.4.4. Medición de la distancia de reflexión.

La distancia de reflexión o de salto corresponde al camino realmente recorrido por el pulso de ultrasonido entre el punto de salida desde sonda angular en contacto con una placa y el punto en que el sonido, reflejado en la cara inferior, vuelve a incidir en la cara superior.

Para determinar la distancia de reflexión o de salto en el bloque de comprobación se ubica la sonda angular como muestra la figura 10 (espesor de 25 mm.) y se desplaza hacia atrás y hacia adelante en forma paralela a la escala graduada hasta que se alcance el eco máximo. En la escala calibrada del osciloscopio se puede leer el valor correspondiente. En la posición de la figura 10a) la indicación de un eco máximo corresponde a la distancia mitad de reflexión o salto.

Con la sonda angular de 60° esta determinación no puede hacerse con suficiente precisión debido a transformaciones perturbadoras entre ondas longitudinales y transversales.

6.4.5. Ajuste de la indicación en distancia de proyección.

La distancia de proyección es la medida de la distancia de reflexión en su proyección normal sobre la superficie de la placa en ensayo. Si se ha de ajustar el aparato en distancias de proyección se procederá de acuerdo a lo indicado en el punto 6.4.1 pero ajustando los ecos primero y segundo sobre los valores 100 mm. sen y 200 mm. sen respectivamente, siendo el ángulo de refracción verdadero determinado según 6.4.2.

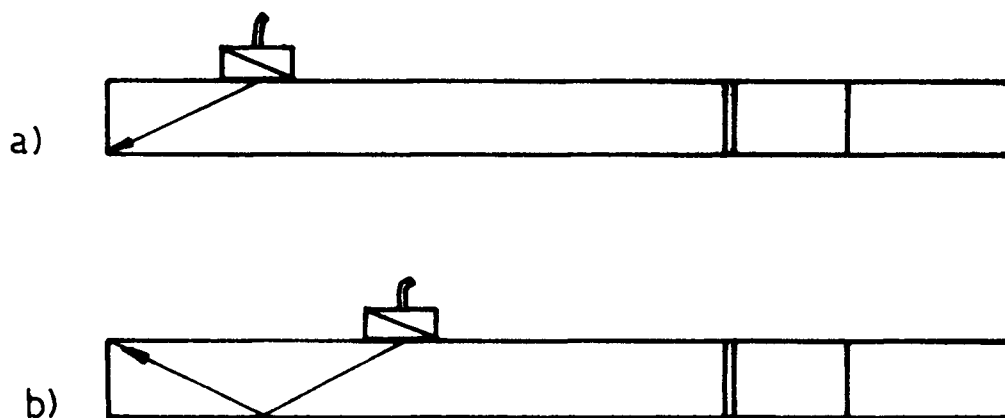


Fig.10. DEFINICION DE DISTANCIA DE REFLEXION O DE SALTO.

Este ajuste sólo se puede efectuar en forma muy poco aproximada cuando el ángulo de refracción es de 60° por las razones ya expuestas en 6.4.4. y sólo es válido para aceros con velocidad para ondas transversales de $3255 \text{ m/s} \pm 15 \text{ m/s}$.

6.4.6. Verificación de sensibilidad de trabajo.

Se coloca la sonda angular en la posición indicada en la figura 7 buscando la máxima indicación del primer eco que se hace coincidir con la división 100 mm. Conseguido esto anotar la ganancia y la altura del último eco observable en la pantalla. Alternativamente se puede anotar la ganancia requerida (en dB) para llevar la altura del primer eco al 100% de la escala.

La verificación de sensibilidad de trabajo puede ser realizada también con sondas angulares empleando el orificio de 1,5 mm. del bloque. Para ello se ubica la sonda según lo indicado en la Figura 11 desplazándola hasta obtener el eco máximo. Se anotará la ganancia (dB) con que se trabaja, la altura de eco obtenido y la posición de la sonda sobre el bloque.

Como se ha dicho en 6.3.2. este ajuste de sensibilidad de trabajo sólo se aplica para verificar el mantenimiento o variación de sensibilidad de un mismo equipo en el transcurso de un ensayo.

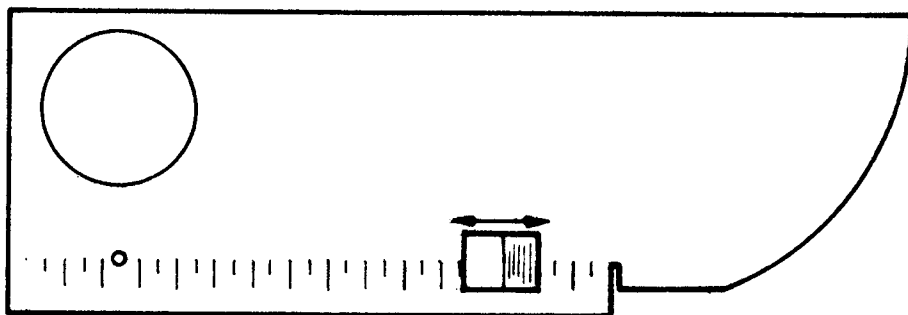


Fig.11. AJUSTE DE SENSIBILIDAD DE TRABAJO CON SONDA ANGULAR

ANEXO I.

Método alternativo para conocer el retardo en la cuña de plástico de la sonda.

En las sondas angulares el pulso ultrasónico debe recorrer un camino en la cuña de plástico antes de alcanzar la pieza ensayada, lo que introduce la necesidad de corregir el "punto cero" de la calibración efectuada según 6.4.1. Para ello se aplica la sonda angular a usar en el ensayo, sobre el bloque de calibración en la posición indicada en las Fig.12a) y 12b), se desplaza la sonda hacia atrás y hacia adelante hasta recibir el eco máximo que corresponda a la base del agujero. Este eco se indicará como T_1 en la escala

calibrada (Fig.12c) y el tiempo equivalente corresponde a un camino recorrido que es suma del camino recorrido en la cuña de plástico (Sk) y del recorrido en el acero (Sw) (Fig.12b). Seguidamente se procede a alejar la sonda del agujero hasta lograr nuevamente un eco máximo que debe corresponder al reflejo en el extremo superior del agujero (Fig. 9a) y b). Este eco aparecerá en la pantalla en una posición que se indicará con T_2 (Fig.12c) y cuyo tiempo equivalente será igual a dos veces el camino Sw en el acero más el camino en el plástico Sk. La diferencia entre ambos caminos recorridos será:

$$T = T_2 - T_1 = 2 S_w + S_k - (S_w + S_k) = S_w$$

la diferencia entre la posición $2T_1$ y posición T_2 corresponderá por lo tanto al camino recorrido en la cuña de plástico,

$$S_k = T_2 - T - 2T_1 - T_2$$

Para corregir la posición del cero en razón del retardo producido en la cuña de plástico se debe correr el pulso inicial hacia la derecha del cero en un valor igual a Sk (Fig.12d).

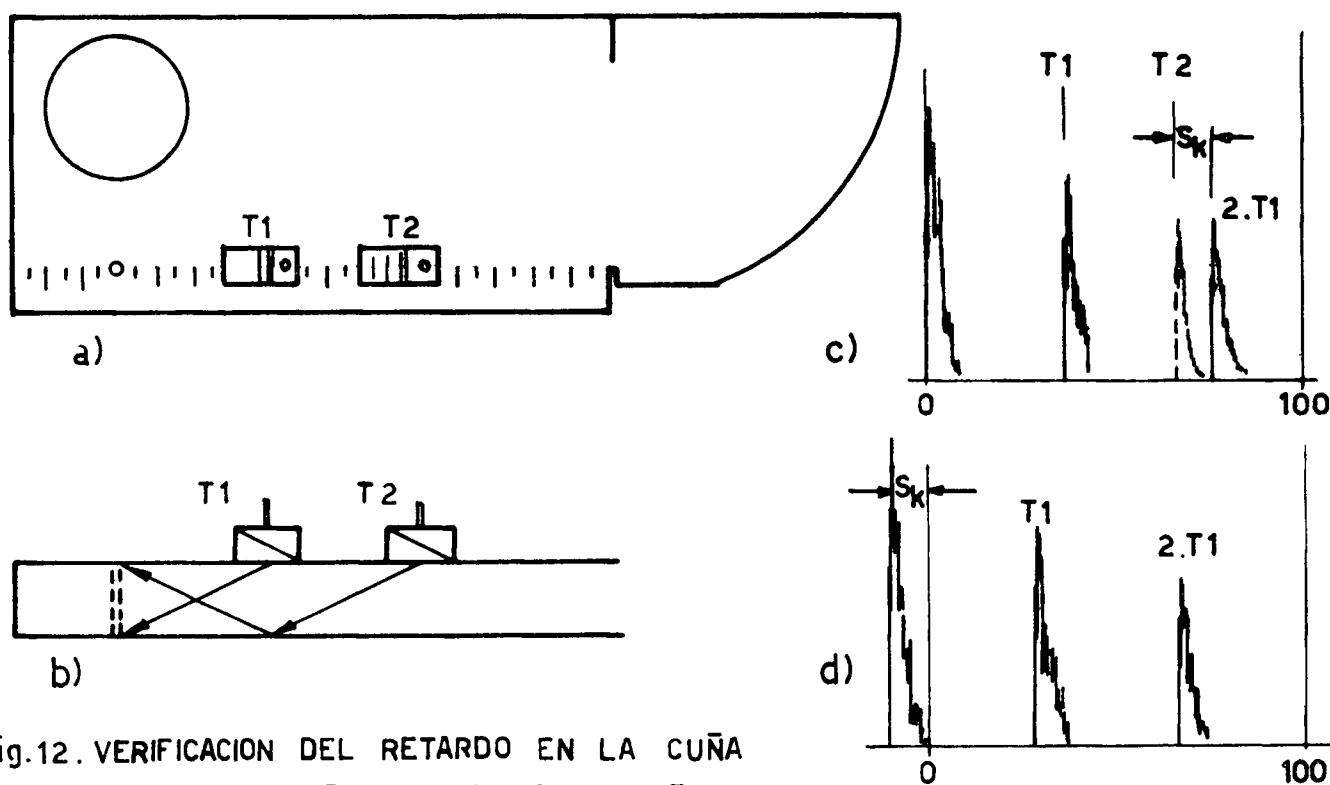


Fig.12. VERIFICACION DEL RETARDO EN LA CUÑA DE PLASTICO DE SONDAS ANGULARES