

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS - CALIFICACION DE PERSONAL CRITERIOS PARA LA EVALUACION PRACTICA EN EL METODO DE ULTRASONIDOS - NIVEL 1, UTILIZANDO PIEZAS DE EXAMEN MECANIZADAS.

**Ing. Juan José Zampini – Ing. Alfredo Naucevich – Ing. Jorge Ernesto Schneebeli**

Unidad Técnica de Ensayos No Destructivos – Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica (CEMEC) Instituto Nacional De Tecnología Industrial (INTI) Parque Tecnológico Miguelete – Av. Gral Paz e/Albarellos y Av. De los Constituyentes – C.C. 157 – C.P. 1650 San Martín, Pcia de Buenos Aires – República Argentina – Tel/Fax. (54-11) 752-0818 - e-mail end@inti.gov.ar

En la República Argentina, la calificación del personal que desarrolla actividades de Ensayos No Destructivos, se realiza en Entidades de Calificación aprobadas y auditadas por el Organismo Argentino de Certificación, siendo su parte principal, el examen teórico – práctico.

El presente trabajo tiene como propósito, aportar criterios que tiendan a uniformizar, en las diferentes entidades de calificación, la evaluación práctica de operadores en el método de Ultrasonidos Nivel 1 (uno), siguiendo los requisitos establecidos en la norma IRAM - ISO 9712 y adoptando como base los programas de IAEA – TECDOC – 628/S, edición 1991, como así también que los criterios de evaluación sean aplicables a todos los sectores industriales.

La utilización de piezas mecanizadas, sean estos, patrones de calibración o piezas de examen tienen ventajas tales como, que son de fabricación relativamente sencilla, se puede lograr cierta variedad, diferente complejidad y reflectividades que se asemejan a las de discontinuidades reales.

The NDT personnel qualification is performed in Argentina in Qualification Bodies approved and assessed by the Argentinean Certification Organization, and its main step is the theoretical and practical test.

The aim of this paper is to establish criteria to standardize the practical test in the ultrasonic test method, level 1 (one), for the different Qualification Bodies, following requirements from IRAM ISO 9712 standard, the IAEA – TECDOC – 628/S, edition 1991, schedule and general criteria for industrial activities.

The use of mechanized specimen for calibration or as test parts, have such advantages as relatively simple production, you can achieve certain variety, different complexity and obtain reflectors that resemble each other to those at real discontinuities.

## 1. INTRODUCCIÓN

Con la implementación de la Norma ISO 9712 a partir del año 1993 se tiende a unificar internacionalmente los criterios de Calificación y Certificación de Personal en Ensayos No Destructivos, produciéndose cambios y adaptaciones de los diferentes sistemas hasta ese momento utilizados, por ejemplo la ASNT crea el Sistema de Calificación Central.

En nuestro país dio origen a la Norma IRAM CNEA Y 9712 (ISO 9712), creándose el Organismo Argentino de Certificación (OAC) en cuyo reglamento se establece como objetivo administrar la actividad de certificación.

Esto incluye todos los procedimientos necesarios para demostrar la calificación de una persona para un método de END y que conducen a un testimonio escrito sobre su calificación, con la asistencia de entidades calificadoras debidamente autorizadas. Actualmente está a discusión pública la Norma IRAM – ISO 9712:1999.

El INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), a través de uno de sus centros, el CEMEC (Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica), es una de las Entidades de Calificación autorizada y realiza

esta actividad desde 1983, cuando se implementó la Norma Nacional IRAM CNEA Y 500 1 003.

El presente trabajo tiene como propósito, aportar criterios que tiendan a uniformizar, en las diferentes entidades de calificación, la evaluación práctica de operadores en el Método de Ultrasonidos Nivel 1 (uno), siguiendo los requisitos establecidos en la norma IRAM - ISO 9712 y adoptando como base los programas de IAEA – TECDOC – 628/S, edición 1991.

Esta Norma, establece en el punto 5 que una persona certificada en el Nivel 1, está calificada para efectuar tareas de END de acuerdo con Instrucciones Escritas y bajo la supervisión de personal de Nivel 2 o de Nivel 3.

Debe ser capaz de:

a) preparar los equipos; b) realizar los ensayos; c) registrar y clasificar los resultados de acuerdo con un criterio documentado; d) informar los resultados.

Se define como Instrucción Escrita, al documento preparado por un Nivel 2 o 3, que describe los pasos a seguir en el ensayo basados en un Procedimiento, Código, Norma o Especificación de END.

Por lo tanto, será necesario respetar y aplicar correctamente la Instrucción Escrita, para lograr el objetivo establecido en el Procedimiento, con el Método y la Técnica seleccionada.

En consecuencia, el criterio básico para el examen

práctico de calificación de personal en END en Nivel 1, será que el personal esté en condiciones de interpretar Instrucciones Escritas y llevarlas a la práctica.

Ahora bien, sabemos que en la industria nos podemos encontrar con componentes de geometrías, materiales, procesos de fabricación y condiciones de servicio diferentes, y que además los Métodos de END se pueden aplicar de distintas maneras, aún sobre un mismo componente, por lo tanto se puede afirmar que existirán procedimientos y en consecuencia Instrucciones Escritas diferentes, para resolver los casos que se presenten.

Pero por otra parte, también se puede pensar en los **Denominadores Comunes de END**, y definirlos como aquellos criterios generales aplicables a los Métodos de END, que debemos considerar para orientar la calificación.

Se puede decir que un Denominador Común muy importante, es que la aplicación de cualquier Método de END, se debe realizar de acuerdo a un Procedimiento Escrito de Ensayo y que éstos, se elaboran siguiendo criterios generales, por lo tanto los procedimientos también contendrán Denominadores Comunes como pueden ser, la calificación del personal involucrado en el ensayo, la preparación de la superficie del componente para el ensayo, la consideración del concepto señal – ruido para la interpretación y evaluación de las discontinuidades, la utilización de patrones de referencia, etc, por lo tanto se puede pensar que hay un Denominador Común para la preparación de Instrucciones Escritas que permitan implementar la mayoría de los Procedimientos Escritos, en este caso del método ultrasónico.

## 2. MODELO DE INSTRUCCION ESCRITA

En función de nuestra experiencia, proponemos como modelo de Instrucción Escrita, al documento escrito que contenga la información siguiente:

- **Componente a inspeccionar**
- **Equipamiento y características técnicas relevantes**
- **Preparación de la superficie**
- **Calibración en distancias**
- **Calibración en sensibilidad**
- **Barridos**
- **Registros**

### **NOTA:**

De acuerdo a lo establecido por Norma y en función de los niveles de competencia, a nuestro entender, no se deberá incluir en una Instrucción Escrita, los criterios de aceptación – rechazo, debido a que la

interpretación y evaluación de las indicaciones, no es función del Nivel 1.

## 3.1 EXAMEN PRACTICO DE CALIFICACION

### 3.1 Consideraciones generales

La pregunta es: ¿cuál es el criterio común, que respetando lo establecido en la Norma, nos asegure que el personal calificado pueda implementar correctamente los diferentes ensayos que en la industria se pueden presentar.

La respuesta será: encontrar variantes de Instrucciones Escritas representativas de los casos a resolver.

Analizando el modelo de Instrucción Escrita propuesto, se observa que la mayor cantidad de variantes la tendremos en la calibración en distancias y luego en la calibración en sensibilidad, por lo que se necesitará una planilla general complementaria, para realizar una evaluación completa de estos puntos.

Analicemos ahora a cada uno en particular.

#### - **Componente a ensayar**

La parte fundamental es la identificación del componente.

#### - **Equipamiento y características técnicas relevantes**

Se pueden realizar consideraciones sobre: la técnica, el conjunto equipo – cable - palpador, el acoplamiento, el supresor, el monitor, la temperatura, etc.

#### - **Preparación de la superficie a ensayar**

Se debe especificar la forma de acondicionamiento.

#### - **Calibración en distancias**

Como se expresó anteriormente, en este punto tendremos muchas variantes de calibración, por lo que se requiere definir un alcance, debido a que las diferentes formas de calibración en distancias, dependerán del tipo de palpador a emplear, del rango establecido en función de la zona del componente a ensayar y del o los patrones de calibración a utilizar.

Respecto de los rangos y tipos de patrones, consideramos que deben ser variados.

Para establecer un criterio en cuanto al alcance de los palpadores a emplear, analicemos las diferentes familias de palpadores disponibles.

(A) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores simultáneos \*

(B) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores por separado \*

- (C) Palpadores normales de ondas transversales, emisores - receptores simultáneos \*\*
- (D) Palpadores angulares de ondas transversales, emisores - receptores simultáneos \*
- (E) Palpadores angulares de ondas transversales, emisores - receptores separados \*\*
- (F) Palpadores angulares de ondas longitudinales, emisores - receptores simultáneos \*\*
- (G) Palpadores angulares de ondas longitudinales, emisores - receptores separados \*\*
- (H) Palpadores de ondas superficiales, emisores - receptores simultáneos / separados \*
- (I) Palpadores de ondas de Creep, emisores - receptores separados \*\*
- (J) Palpadores que en determinadas condiciones de ensayo generan ondas de Lamb \*\*
- (k) Palpadores especiales \*\*

A nuestro entender, por ser los palpadores de mayor aplicación, los identificados con (\*), se deberían considerar para la evaluación del personal en Nivel 1 y los identificados con (\*\*), se deberían reservar para la evaluación del personal en Nivel 2.

### 3.2 Criterios de evaluación

Para cubrir los diferentes casos que se pueden presentar en la práctica y en función del alcance definido, es necesario realizar calibraciones de diferente complejidad, que se registrarán en la planilla general complementaria. A modo de ejemplo se pueden citar:

- (A) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores simultáneos.

Palpador/es	Rango	Patrón
(A)	0 – 100	V1/5 (e=25 mm)
(A)	0 – 100	V1/5 (e=100 mm)
(A)	25 – 50	V1/5 (e=25 mm)
(A)	0 – 40	e=32 mm (x)

- (x) Zona ultrasonicamente sana de la pieza

- (B) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores por separado.

Palpador/es	Rango	Patrón
(B)	0– 25	escalonado
(B)+(A)	0– 25	e = 25 mm

- (D) Palpadores angulares de ondas transversales, emisores – receptores simultáneos

Se evaluará:

- (1) el punto de salida del haz sónico,
- (2) el ángulo de refracción.

La complejidad en este caso estará relacionada al ángulo de refracción y al patrón empleado, por ejemplo, es más laborioso controlar el ángulo de refracción de un palpador de 80° que uno de 45°, empleando el patrón V1/5, siendo a su vez diferente el control del ángulo de un palpador de 80° con el patrón V1/5 que utilizando un patrón más apropiado.

Las calibraciones en distancias para estos palpadores podrán ser: (3) en distancias de recorrido, (4) en distancias de recorrido proyectadas, (5) en distancias de recorrido proyectadas acortadas.

A modo de ejemplo se pueden citar calibraciones en distancias de diferentes complejidad.

Palpador	Rango	Patrón
(C) (1)	0 – 200	V1/5
(C) (1)	100 – 200	V1/5
(C) (1)	50 – 150	r = 50 mm
(C) (1)	0 – 100	V2 (r=25 mm)
(C) (2)	0 – 100	V2 (r=25 mm)
(C) (1)	0 – 25	V2
(C) (3)	0 – 25	V2

El 4to, 6to y 7mo ejemplos de calibración en distancias con palpadores angulares de ondas transversales, es una demostración clara de las alternativas que existen para la evaluación de los conocimientos del personal, dejando aclarado que no siempre será posible realizar la calibración del ejemplo 7to.

- (H) Palpadores de ondas superficiales, emisores receptores simultáneos / separados

Palpador	Rango	Patrón
(H)	0 – 150	V1/5

La complejidad de todas las calibraciones en distancias, estarán relacionadas a los campos sónicos de los palpadores y a la características geométricas del patrón. Se deberá evaluar el posicionamiento de los ecos respecto de un umbral de referencia.

### - Calibración en sensibilidad

En general, la calibración en sensibilidad se realiza a partir de reflectividades conocidas, originadas en mecanizados de agujeros de fondo plano o cilíndricos pasantes, pared infinita, ranuras variadas, radios de V1/5 o V2 etc., que permitirán trazar una línea de referencia cuando la evaluación se realice por la técnica DAC (umbral) / AVG (altura de registro) o una curva DAC, por lo que en la planilla general complementaria, se deberá contemplar las diferentes formas de calibración en sensibilidad, considerando el palpador, rango y patrón a utilizar, por lo menos para los (A) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores simultáneos, (B) Palpadores normales de ondas longitudinales,

emisores – receptores por separado y (D) Palpadores angulares de ondas transversales, emisores receptores simultáneos , y los patrones mecanizados de agujeros de fondo plano y cilíndricos pasantes.

Las curvas resultantes, se deberán registrar en pantallas de equipo dibujadas sobre una hoja.

#### **NOTA:**

El trazado de la curva por la Técnica AVG (límite de registro), por partir de datos obtenidos del diagrama AVG por el Nivel 2, se puede incluir en forma separada en esta planilla, aunque consideramos que no es tan fundamental en la evaluación práctica del Nivel 1.

Completada la planilla general, se habrán considerado diferentes alternativas que se pueden presentar en la práctica.

#### **- Barridos y Registros.**

En este caso y como objetivo del trabajo, se evaluarán en la Instrucción Escrita realizada para una pieza mecanizada, tal como la que se muestra en la fotografía N° 1. La utilización de estas piezas mecanizadas, tiene ventajas tales como que: son de fabricación relativamente sencilla, se puede lograr cierta variedad, diferente complejidad y reflectividades, que en algunos casos, generan oscilogramas semejantes a los oscilogramas generados por discontinuidades reales, tal como se puede demostrar observando en la fotografía N° 3, el oscilograma generado por un agujero de fondo plano de la pieza mecanizada de acero, mostrada en la fotografía N° 2 y en la fotografía N° 5 , el oscilograma generado por la discontinuidad real laminar de la pieza de acero mostrada en la fotografía N° 4, cuya superficies también están mecanizadas. En la fotografía N°6, se muestra el oscilograma correspondiente al eco de fondo de ambas piezas, ya que ambas tienen, el mismo espesor, la misma terminación superficial y características acústicas. En ambos casos se utilizaron las mismas condiciones de ensayo, es decir equipo, cable palpador, acoplamiento etc.

También con estas piezas mecanizadas se pueden lograr oscilogramas similares a los que aparecen en bibliografías utilizadas en los cursos de capacitación, tal como se demuestra comparando los oscilogramas de las fotografías N°7, N°8 y N°9 obtenidos de la pieza mecanizada que se muestra en la fotografía N°1, con los que se muestran en (L), (M) y (N) de la figura 10.

Los mecanizados a realizar, deben generar reflectividades que permitan evaluar la habilidad del operador para la detección, ubicación y delimitación de las discontinuidades como así también la forma de registro de las discontinuidades y presentación de la información. A modo de ejemplo y a los efectos de la detección, diremos, que un mismo reflector, ubicado muy cerca de la pared

posterior, se comporta diferente, si está ubicado en el centro de la pieza o muy cercano a la superficie de barrido. Otros factores a considerar son: la geometría y el tamaño de los mecanizados a realizar.

Definidas las zonas de barrido en la pieza de examen, se solicitará en la Instrucción Escrita, el registro de las indicaciones relevantes. Este se basará en establecer:

- A) las diferencias en dB, en más o en menos, respecto de la línea de referencia resultante de la calibración en sensibilidad o de un porcentaje de esta,
- B) la ubicación de las discontinuidades según el sistema de referencia establecido,
- C) la delimitación de las discontinuidades según el criterio adoptado, por ej. la isobara de – 6 dB,
- D) el comportamiento del eco de fondo, etc.

Ver planilla de registros.

A los efectos de realizar alguna consideración sobre los resultados esperados, podemos decir que estos podrán ser diferentes en función de las condiciones establecidas en las Instrucción Escrita, por ejemplo estarán relacionadas, las características del conjunto equipo - cable - palpador a emplear, las características acústicas del material y el tamaño, ubicación y geometría de las discontinuidades a detectar.

#### **MEDICION DE ESPESORES**

También se puede utilizar el mismo criterio, como ser una barra redonda que después de ser mecanizada en su interior, quede con tres espesores, por ejemplo 6,2 mm, 18,4mm y 29,8 mm y se cierre en los extremos con tapas de espesores diferentes, por ejemplo 3,0 mm y 10,2 mm, de manera de tener en la misma pieza en ensayo superficies curvas y planas paralelas de espesores diferentes..

Se evaluará las condiciones operativas básicas, como ser, el posicionamiento del palpador, la calibración del equipo en función de las diferentes medidas como así también se podrán hacer algunas consideraciones sobre la influencia de la temperatura.

Se deja para el examen de Nivel 2, la consideración sobre los demás factores que pueden influir en la incertidumbre de la medición, si bien este aspecto puede ser parte de las preguntas del examen teórico específico.

#### **CONCLUSIONES**

Por evaluarse criterios generales que en la industria se pueden presentar, cuando se aplica el método ultrasónico, consideramos que el examen de calificación así realizado, es completo y aplicable a todo los sectores industriales.

La misma metodología se puede aplicar utilizando piezas de examen con discontinuidades reales.

Criterios similares se pueden implementar, para la otro trabajo.  
Calificación de Personal en Nivel 2, lo que será motivo de

## PLANILLA GENERAL COMPLEMENTARIA

### CALIBRACION EN DISTANCIAS

- (A) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores simultáneos \*
- (B) Palpadores normales de ondas longitudinales, emisores – receptores por separado \*
- (C) Palpadores normales de ondas transversales, emisores – receptores simultáneos \*\*
- (D) Palpadores angulares de ondas transversales, emisores - receptores simultáneos \*
- (E) Palpadores angulares de ondas transversales, emisores - receptores separados \*\*
- (F) Palpadores angulares de ondas longitudinales, emisores - receptores simultáneos \*\*
- (G) Palpadores angulares de ondas longitudinales, emisores - receptores separados \*\*
- (H) Palpadores de ondas superficiales, emisores- receptores simultáneos / separados \*
- (I) Palpadores de ondas de Serpenteantes (Creep), emisores - receptores separados \*\*
- (J) Palpadores que en determinadas condiciones de ensayo generan ondas de Lamb \*\*
- (k) Palpadores especiales \*\*

- (1) Punto de salida del haz
- (2) Angulo de refracción
- (3) en distancias de recorrido
- (4) en distancias proyectadas
- (5) en distancias proyectadas acortadas.

<u>LETRA/S</u>	<u>Nº</u>	<u>PALPADOR/ES</u>	<u>PATRON/ES</u>	<u>RANGO</u>	<u>NOTA</u>	<u>OBS</u>
----------------	-----------	--------------------	------------------	--------------	-------------	------------

-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----						

-----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----

**OBS:**

-----  
 -----  
 -----  
 -----

**CALIBRACION EN SENSIBILIDAD**

- (6) Umbral DAC / Altura de Registro AVG
- (7) Curva DAC
- (9) Agujero de fondo plano
- (10) agujero cilíndrico pasante

<u>Nº Técnica</u>	<u>Letra / Palpador</u>	<u>Rango</u>	<u>Nº/ Patrón/Ø (mm)</u>	<u>Nota</u>	<u>OBS</u>
-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----

(8) Límite de registro AVG

Distancia (en mm)	Altura de referencia (en % de ATP)

**OBS:**

-----  
 -----  
 -----

**MEDICION DE ESPESORES**

Equipo: Cable: Palpador:  
 Acoplamiento: Patrón de calibración:  
 Temperatura: Pieza: Patrón: Ambiente:

Pieza a medir

**Factores que afectan a la incertidumbre de la medición:** -----  
-----  
-----  
-----  
-----

NOTA:

**BARRIDOS Y REGISTROS**

Ver Instrucción Escrita y Planilla de Registro

NOTA:

PROMEDIO DE NOTAS:

**MODELO DE INSTRUCCION ESCRITA**

- COMPONENTE A ENSAYAR:

- EQUIPAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS RELEVANTES :

- PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

- CALIBRACIÓN EN DISTANCIAS:

- Rango:
- Patrón/es de calibración:

- CALIBRACIÓN EN SENSIBILIDAD:

- Patrón/es de calibración:
- Forma de calibración:

- BARRIDOS:

- REGISTROS:

**PLANILLA DE REGISTRO**

G <sub>C</sub> (dB)	ΔG <sub>T</sub> (dB)	ΔG <sub>B</sub> (dB)	G <sub>R</sub> (dB)	Disc. N°	Ubicación			Umbral DAC o Altura de Registro - diferencia (dB) - porcentaje (%)	Curva DAC o Límite de Registro - diferencia (dB) - porcentaje (%)	Altura del eco de fondo (% A.T.P.)	OBS.
					Eje X (mm)	Eje Y (mm)	Eje Z (mm)				

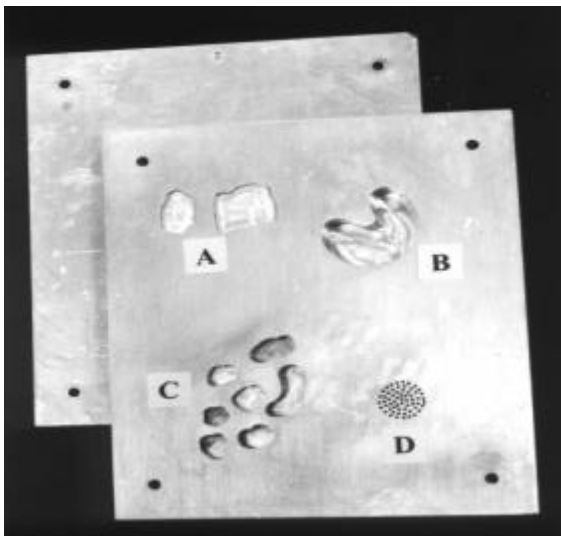
OBS.:

OBS.:

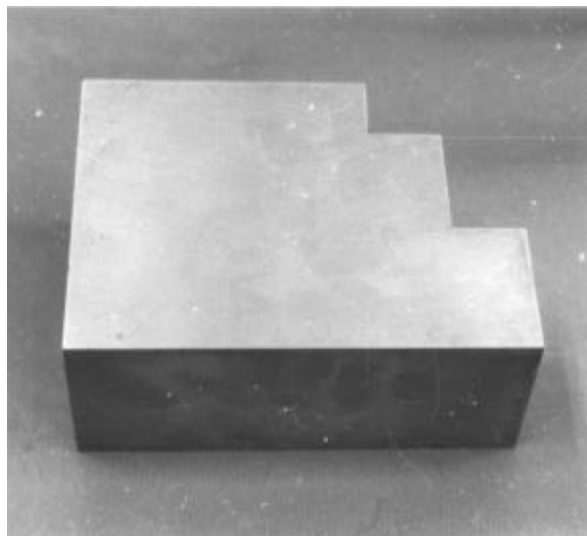
GC = Ganancia de Calibración  
 ΔGT = Corrección por transferencia  
 ΔGB = Ganancia adicional de barrido  
 GB = Ganancia de registro

**AGRADECIMIENTOS:**

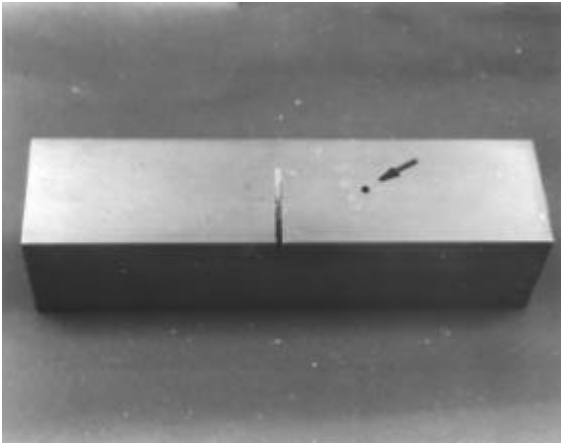
A los señores, Eduardo Cidrón ,Osvaldo Detrana, Daniel Vega y Sergio Canaves, por su valiosa colaboración.



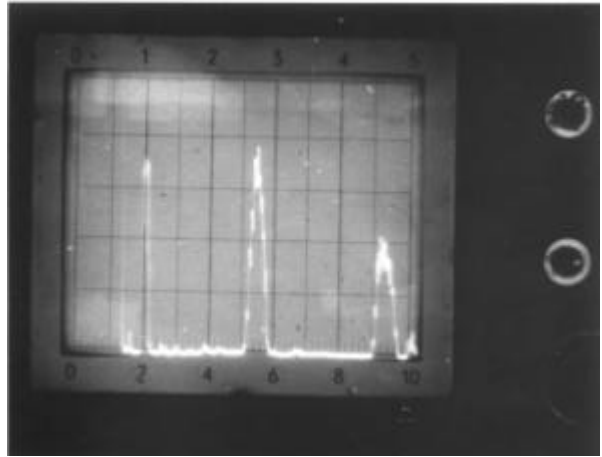
FOTOGRAFIA N° 1



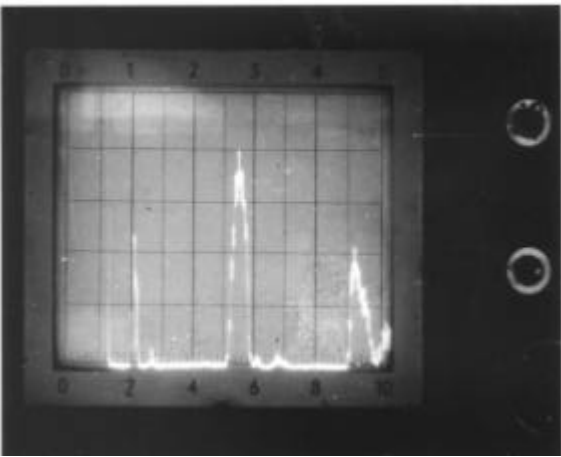
FOTOGRAFIA N° 4



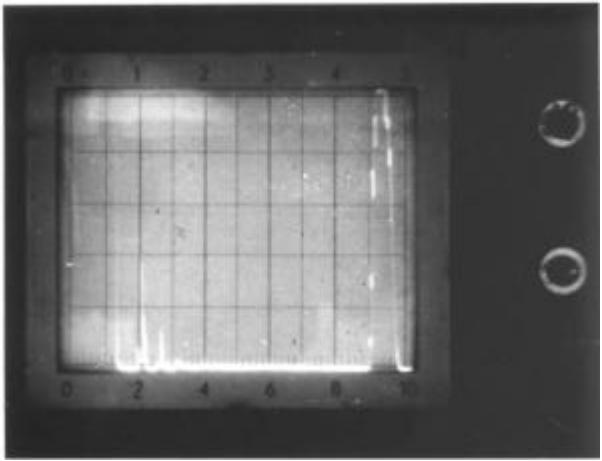
FOTOGRAFIA N° 2



FOTOGRAFIA N° 5



FOTOGRAFIA N° 3



FOTOGRAFIA N° 6

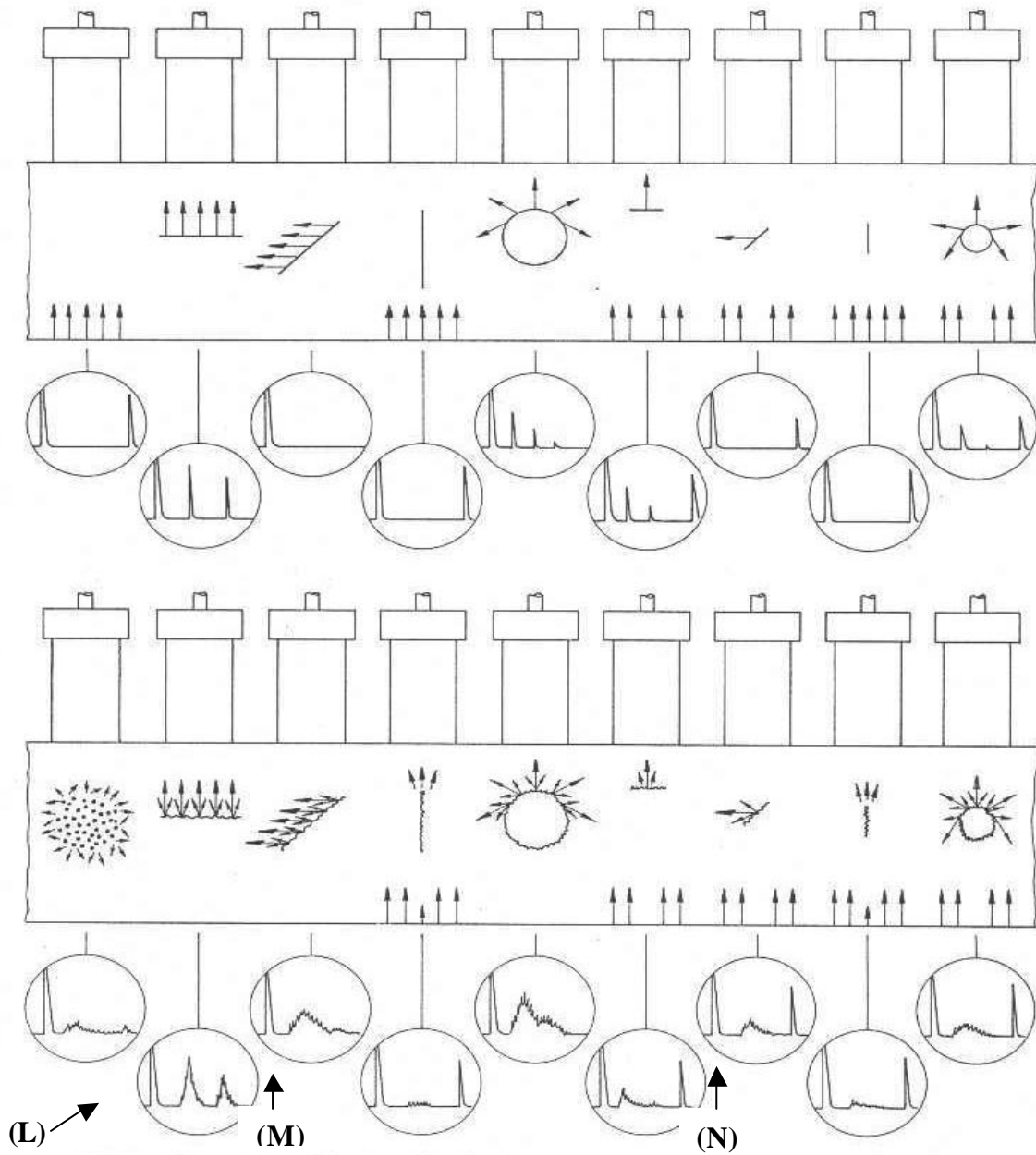
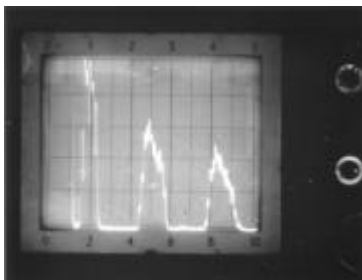


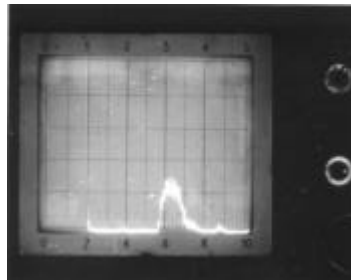
Bild 69: Reflexionsverhalten verschiedener Fehler und zugehörige Bildschirmanzeige

Achtung! Diese Darstellung ist stark schematisiert und darf keinesfalls zur Beurteilung in der Praxis auftretender Bildschirmanzeigen herangezogen werden.

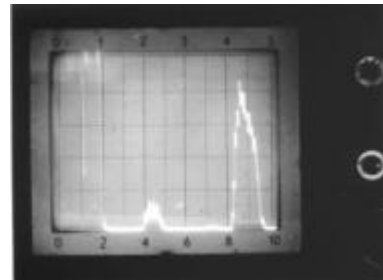
FIGURA Nº 10



FOTOGRAFIA Nº 7



FOTOGRAFIA Nº 8



FOTOGRAFIA Nº 9

