

Detección de grietas y defectos en railes para evitar descarrilamientos.



La simple inspección visual de los railes no es suficiente.

En las investigaciones de graves accidentes ferroviarios se dictamina que la causa son grietas no visibles.

Nueva York (Manchester) 1911(29 muertos y 60 heridos)

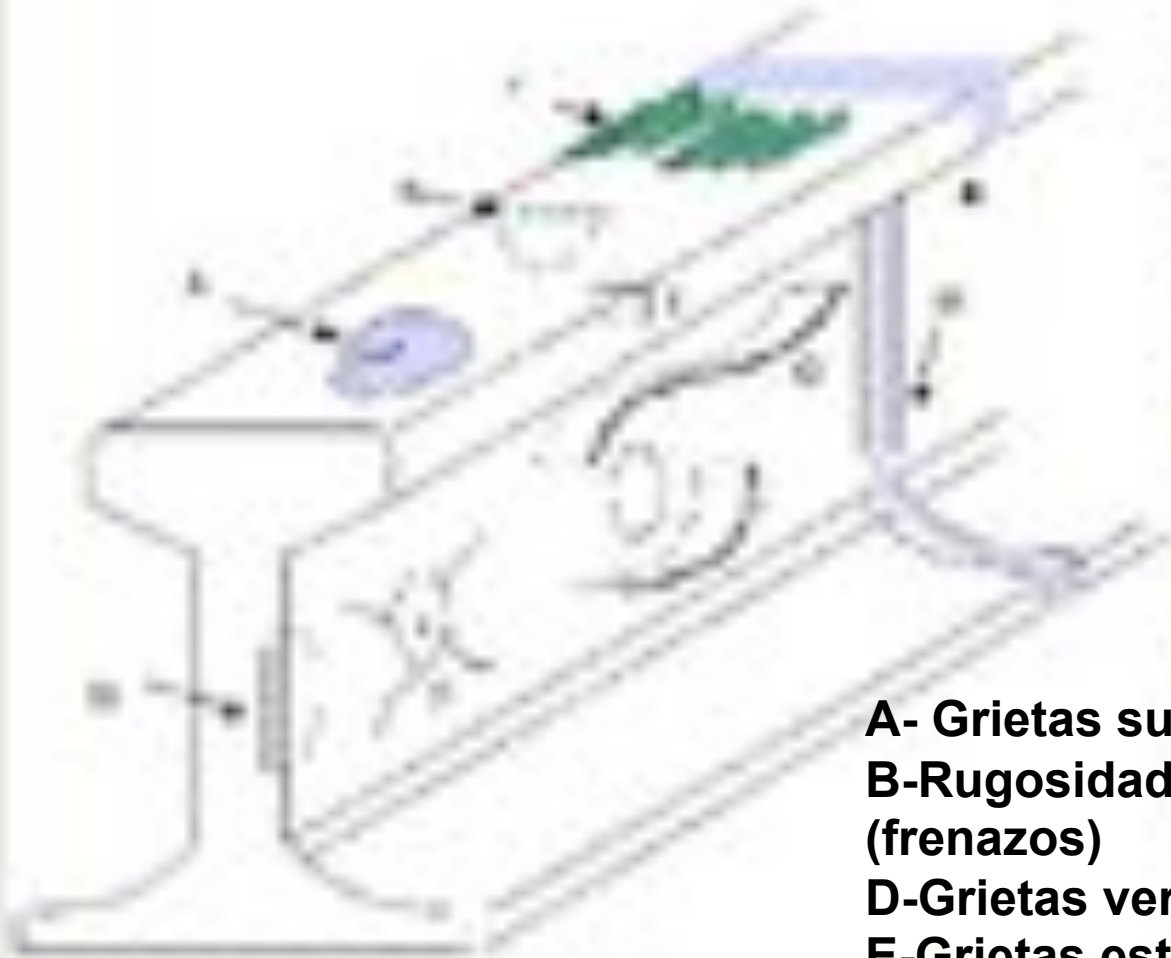
Hither Green 1967 (49 muertos y 78 heridos) empiezan a utilizarse ultrasonidos en UK para inspección rutinaria de railes

Hatfield Rail Crash (Londres)19 enero 2001(grietas de borde) 4 muertos y 70 heridos

Evolución histórica incremento cargas en trenes

Año	Carga media tren	Carga vagón
1929	816 t	36 t
1960	1.476 t	45 t
1983	1.031 t	69 t
1992	2.800 t	67 t

Defectos peligrosos en carriles



A- Grietas superficiales

**B-Rugosidad y pérdida de material
(frenazos)**

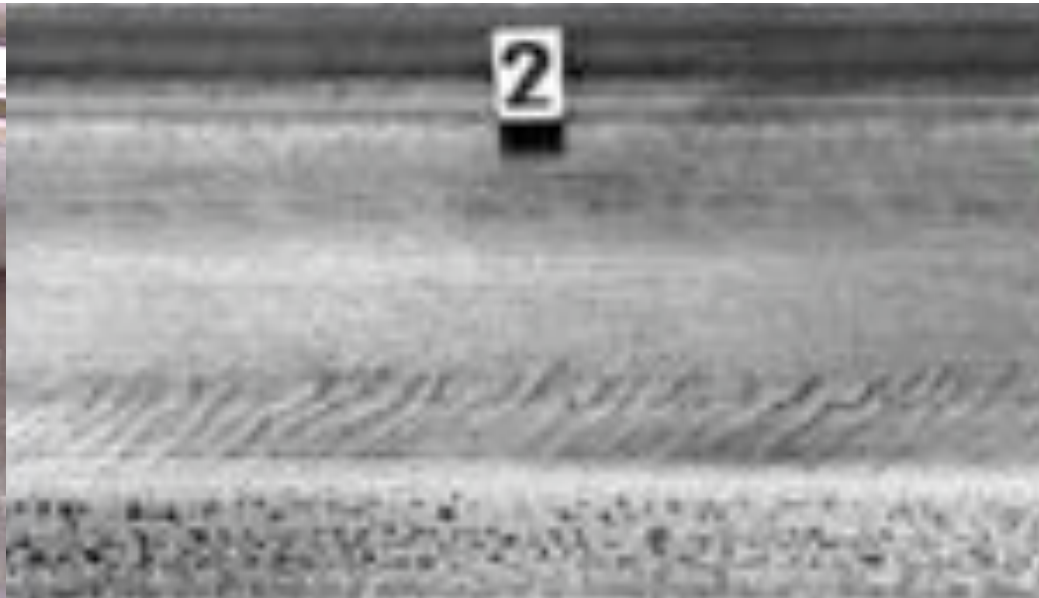
D-Grietas verticales en el alma

E-Grietas estrelladas en bridas

G-Grieta horizontal

**H- Defecto en soldadura; fallo en la
fusión**

**I-Grietas en borde activo (difícil de
detectar con peligro descarrilamiento)**



Inspección por ultrasonidos

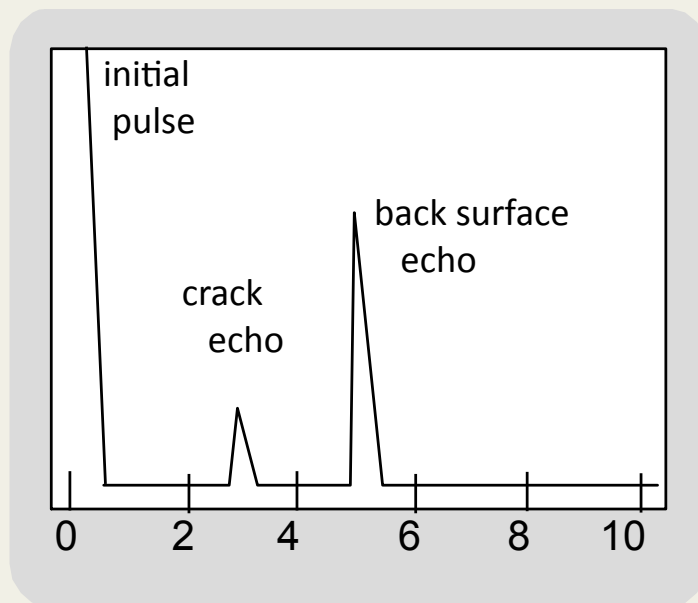
Es una de las técnicas de inspección no destructiva más poderosas, ya que permite localizar y cuantificar el tamaño de los defectos internos para diferentes tipos de geometrías y materiales. En general, el procedimiento es relativamente sencillo, y no representa riesgo para el inspector o para el material. Existe una diversidad de técnicas que se pueden adaptar a cada aplicación en particular.

La inspección por ultrasonido mide en varios puntos el efecto del paso de las ondas acústicas de alta frecuencia a través del material de la pieza que se evalúa. Dicha propagación se controla electrónicamente por pulsos que un transductor convierte en energía acústica que se aplica en puntos específicos. Posteriormente, el mismo transductor u otro similar, recibe el reflejo de esa onda acústica y la convierte nuevamente en una señal eléctrica. La interpretación del reflejo de dicha onda sonora permite inferir información sobre discontinuidades en el material.

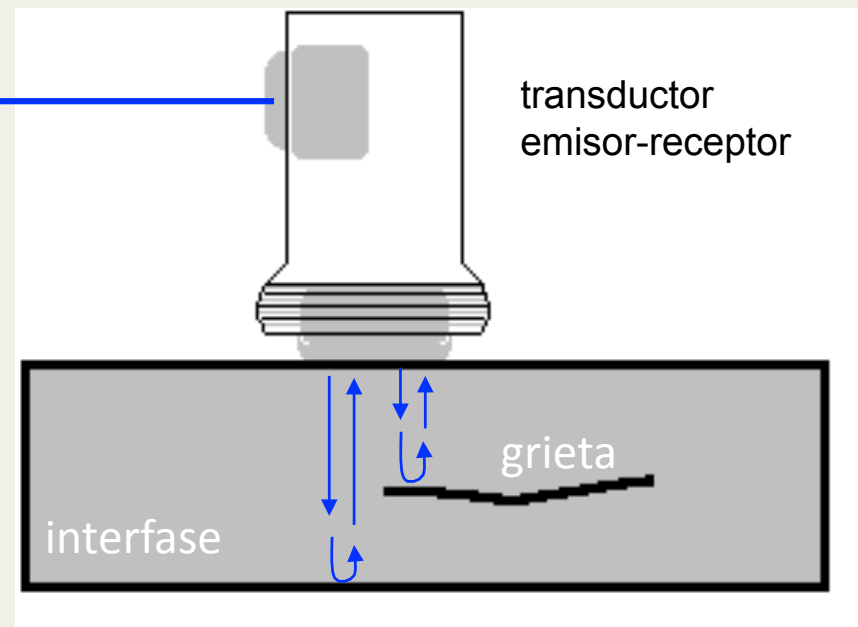
Debido a que las ondas sonoras viajan en casi todos los materiales, esta técnica es una de las más empleadas en la identificación de defectos internos. Típicamente, las frecuencias de inspección por ultrasonido son de 200 kHz a 25 MHz, que no son audibles para el ser humano por estar limitado a frecuencias entre 20 y 20,000 Hz. Por lo anterior, las ondas de ultrasonido no representan riesgo alguno para la salud del inspector, a diferencia de los rayos X. Adicionalmente, como las señales acústicas de respuesta se convierten en señales electrónicas, existen muchas posibilidades de análisis mediante el procesamiento mismo de dichas señales.

Inspección por ultrasonidos (Pulse-Echo)

Al alcanzar la frontera del material(o una grieta o discontinuidad) el haz sónico es reflejado, y se recibe el eco por otro (o el mismo) transductor. Su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio para ser posteriormente monitorizada (A-scan,etc.).



Monitorización con
A-scan



Las ondas sonoras son vibraciones mecánicas que se propagan en casi todos los materiales. Su velocidad depende fundamentalmente de la densidad y las propiedades elásticas del medio en el que se propagan. Pueden ser reflejadas y refractadas, y ser enfocadas en zonas o puntos específicos.

Las ondas de ultrasonido son generadas y detectadas generalmente por transductores piezoeléctricos que se acoplan a la pieza en inspección. El efecto piezoeléctrico fue descubierto por Curie en 1880; consiste en la conversión de una señal eléctrica en mecánica y viceversa.

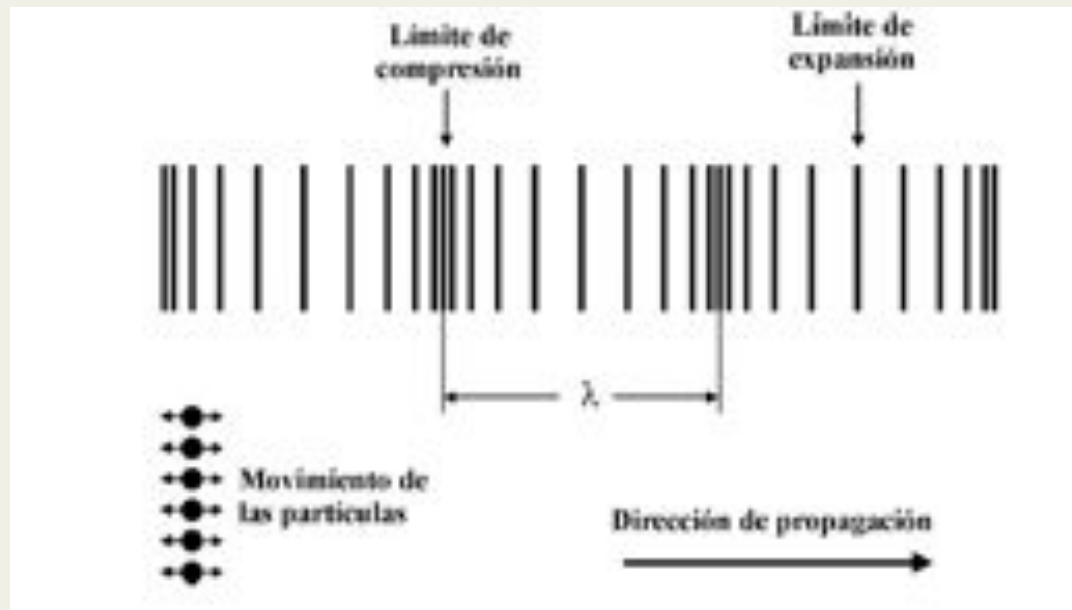
De esta manera, un transductor piezoeléctrico convierte una señal eléctrica en una señal mecánica de alta frecuencia que se manda al material inspeccionado y; posteriormente, convierte la respuesta reflejada en una señal eléctrica con el mismo transductor.

Las ondas sonoras se propagan en la materia en diferentes modos u ondas:

- longitudinal,
- transversal,
- superficial,
- ondas de Lamb,
- y ondas estáticas.

Ondas longitudinales

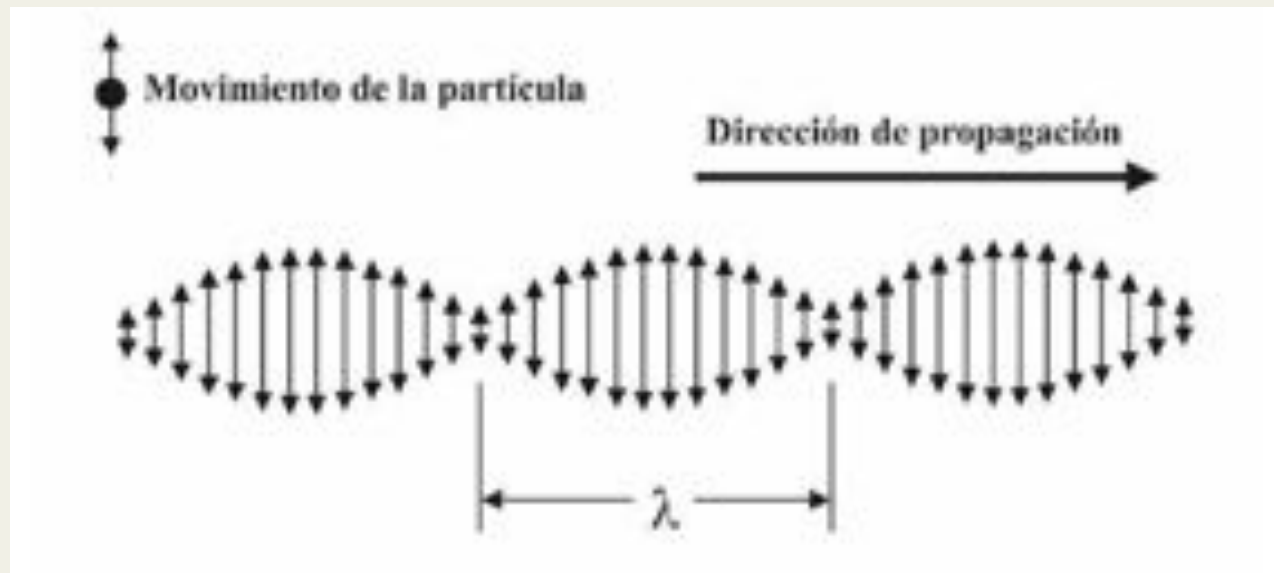
Las ondas sonoras longitudinales, también llamadas ondas de compresión, se propagan de tal manera que las moléculas del material vibran en forma paralela a la dirección de propagación. Las ondas longitudinales son las más comunes en la IND y se presentan cuando el haz de ultrasonido penetra casi perpendicular a la superficie del objeto inspeccionado. Son fácilmente generadas y detectadas, y viajan a través de materiales sólidos, líquidos o gaseosos.



Esquema representativo de las ondas longitudinales o de compresión

Ondas transversales

También llamadas cortantes, se propagan de manera que la vibración de las moléculas es perpendicular a la dirección de propagación. Las ondas transversales son características de los materiales sólidos, pero pueden presentarse en líquidos de muy alta viscosidad; se forman cuando el sonido entra en la superficie del material con un ángulo moderado.



Representación esquemática de las ondas transversales o de corte

La velocidad de las ondas transversales es aproximadamente la mitad de la velocidad de las longitudinales. Como la longitud de las ondas transversales son más pequeña que la de las longitudinales, son más sensibles a defectos pequeños. Del mismo modo, las ondas transversales son más sensibles a la dispersión, y tienen una menor capacidad de penetración en los materiales.

Velocidades del sonido longitudinal y transversal para diversos materiales

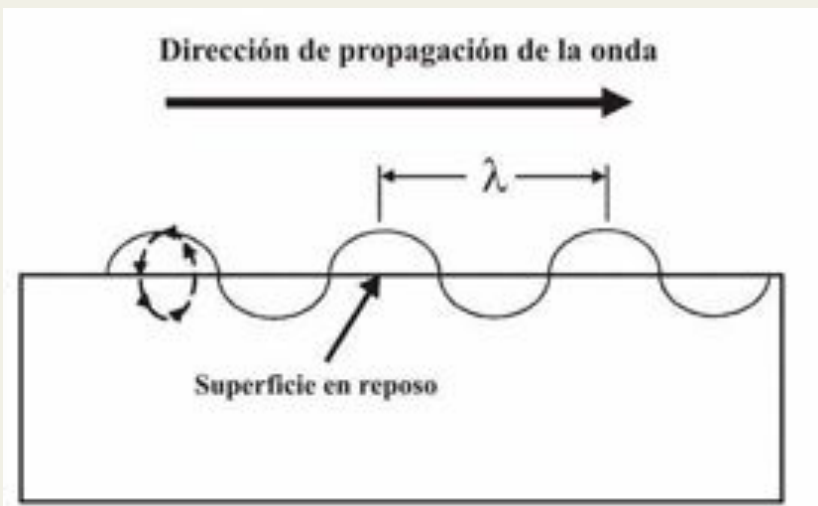
Material	Densidad relativa	Velocidad del sonido (m/s)	
		Longitudinal	Transversal
Aluminio	2,70	6 300	3 80
Aceró	7,85	5 900	3 230
Magnesio	1,70	5 770	3 060
Cobre	8,90	4 700	2 260
Titanio	4,51	6 000	3 000
Poliétileno	1,20	2 000	540
Plexiglás	1,18	2 700	1 300
Agua	1,00	1 490	---
Aire	---	344	---

Ondas superficiales o de Rayleigh

Se propagan en forma tal que el movimiento de las moléculas sigue trayectoria elíptica manifestando ambos movimientos longitudinal y transversal. Las ondas superficiales se presentan cuando el haz de sonido incide en el sólido con un ángulo muy inclinado, y su velocidad de propagación es aproximadamente el **90%** de la velocidad de propagación transversal.

Las ondas de Rayleigh viajan prácticamente sobre la superficie del material, y su energía decrece muy rápidamente hacia el interior de la pieza, siendo cero a una distancia dos veces la longitud de onda bajo la superficie. A pesar de que las ondas superficiales se desplazan por contornos circulares y alrededor de curvaturas, se reflejan en la presencia de esquinas.

Una característica muy importante de esas ondas es que **son muy sensibles a los cambios de dureza; esfuerzo residual; recubrimientos; grietas superficiales**, e impurezas presentes en la superficie de la pieza.



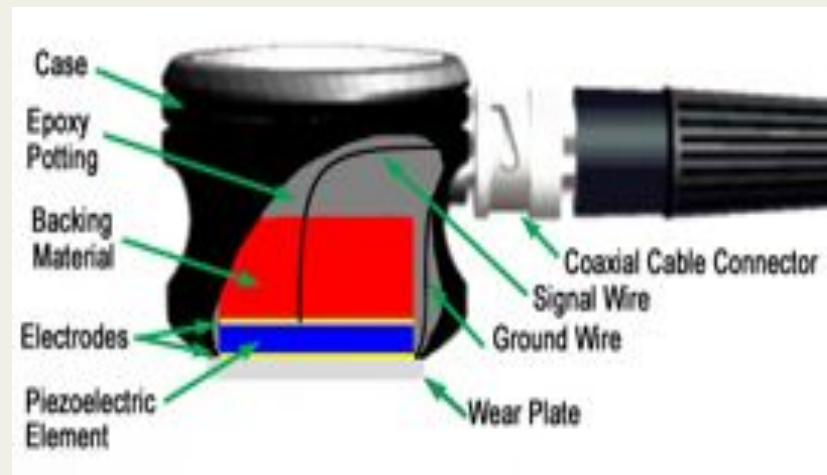
Transductores

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro del palpador; este elemento (transductor) tiene la propiedad de **transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa**.

Al ser excitado eléctricamente, y por el **efecto piezoeléctrico**, el transductor vibra a altas frecuencias (lo que genera ultrasonido); estas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar.



Palpador de haz recto



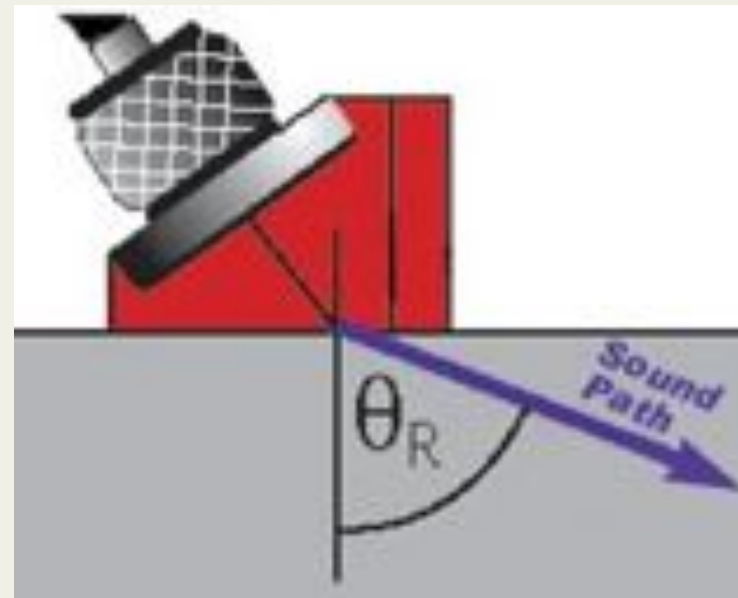
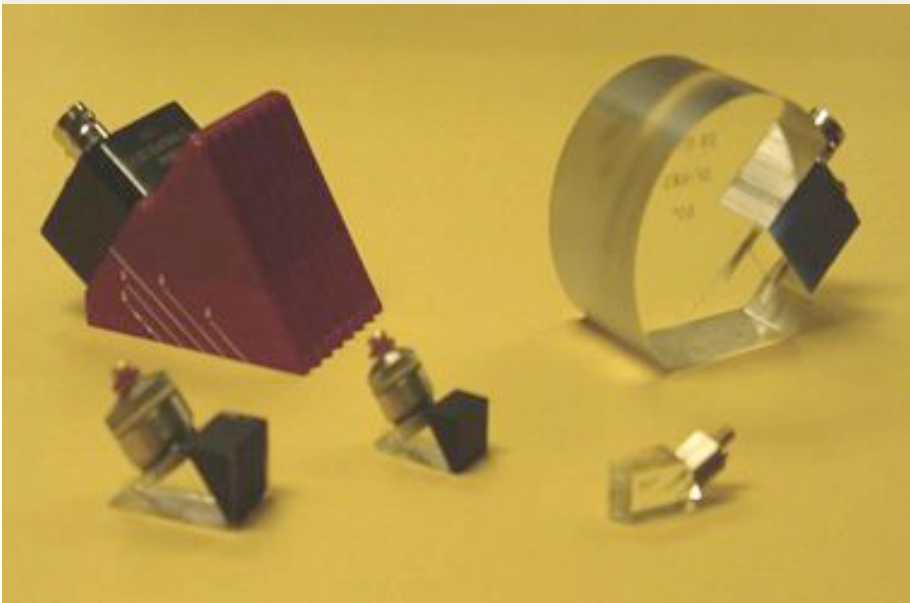
Tipos de transductores

Existe una amplia gama de posibilidades y configuraciones para los transductores piezoeléctricos que, como haz recto, o angular pueden introducir modos específicos de ondas de ultrasonido.



Una onda de compresión se forma cuando el transmisor vibra en dirección perpendicular a la superficie del objeto en inspección, y si el transductor se coloca en una zapata en ángulo, la onda de ultrasonido incide en forma angular sobre la superficie del material que se va a evaluar. Por tanto, la selección adecuada del ángulo de incidencia selecciona o elimina determinados modos de onda.

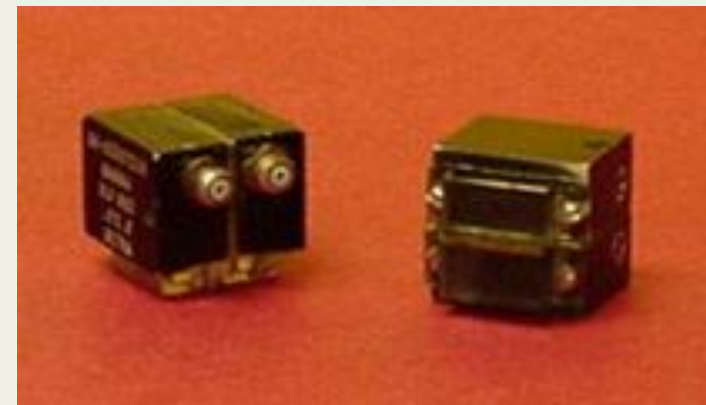
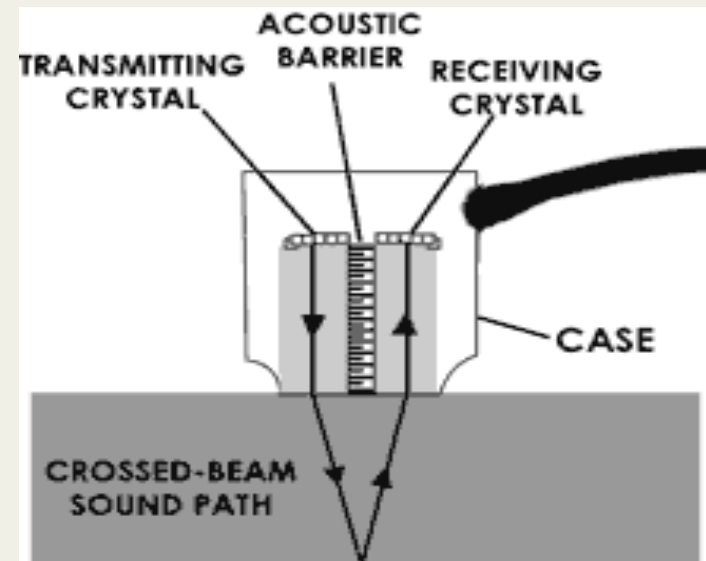
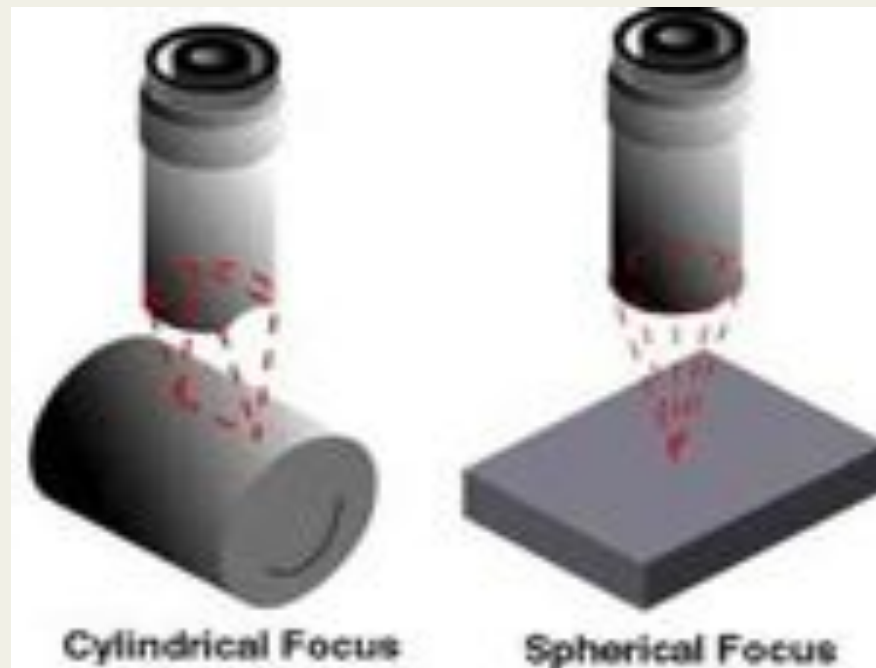
Palpadores angulares



El diseño mismo del transductor varia para diferentes aplicaciones:

Tipo “lápiz”, que genera un haz muy angosto de alta intensidad para inspeccionar materiales de gran espesor y con buena resolución espacial.

Los **transductores dobles** incorporan en forma separada un emisor y un receptor en una sola sonda. El transmisor y el receptor pueden colocarse juntos, pero requieren una barrera aislante de sonido para evitar interferencia entre ellos.

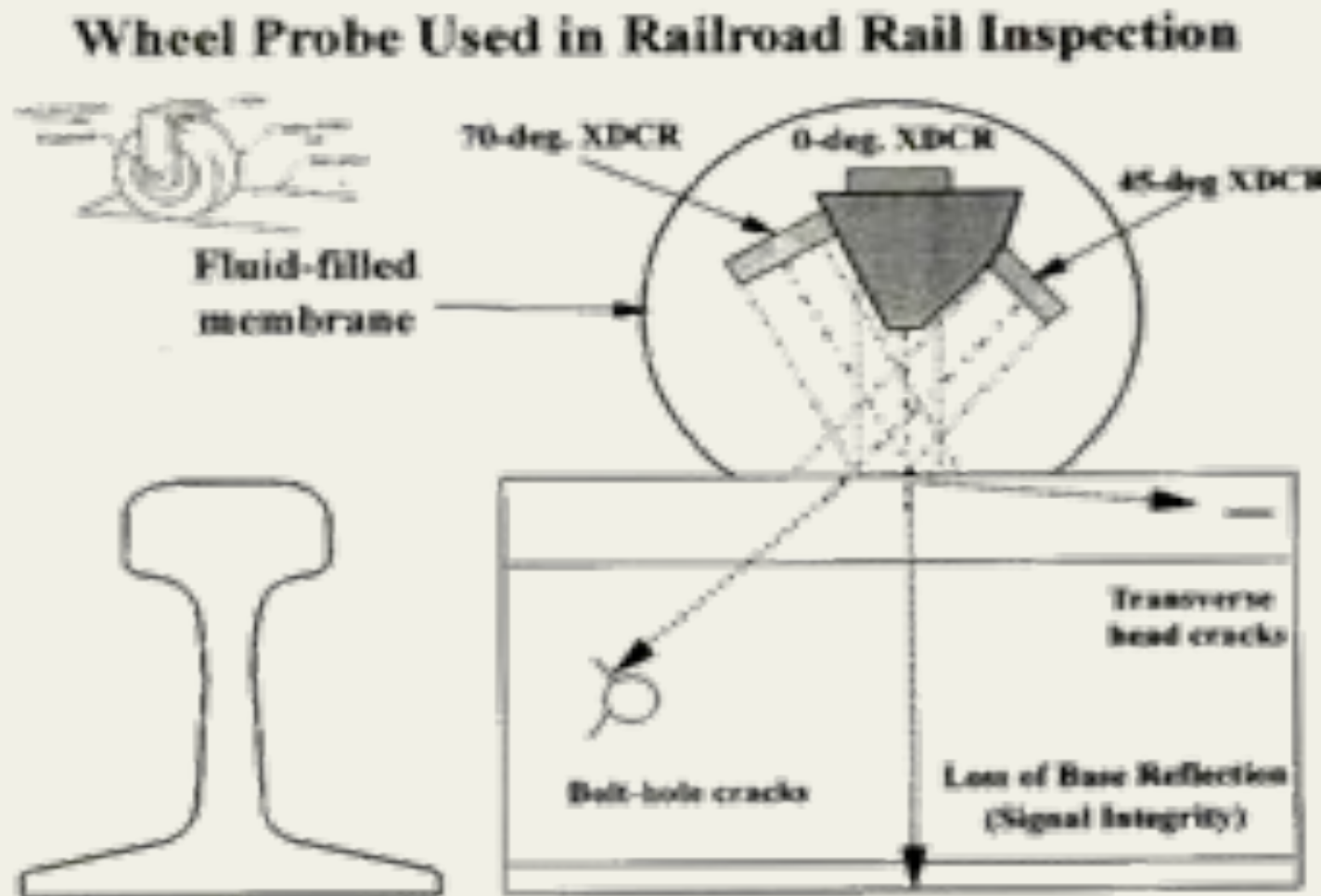




SRS 137, St. Paul, MN, near the CP Shops at Hoffman, 11:55 AM, 10-23-01 Vlad Kedrovsky

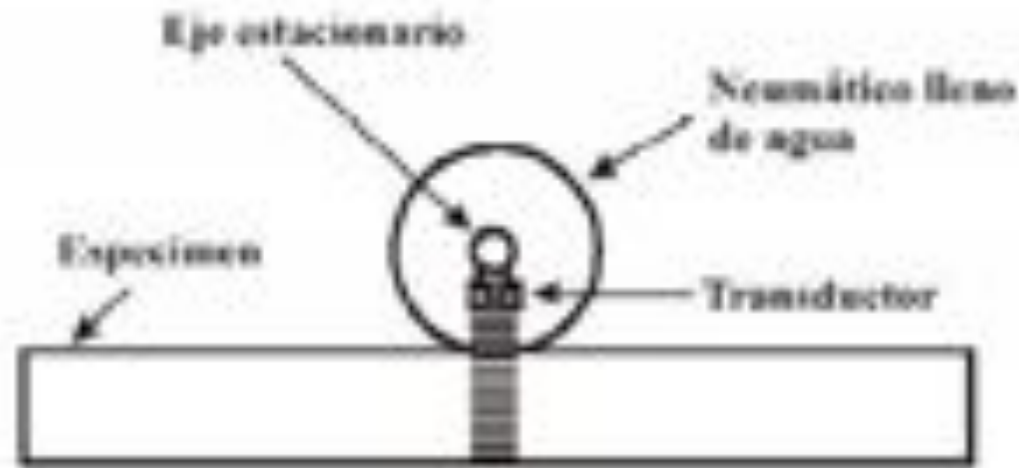
Técnicas de inmersión:

se utilizan una capa gruesa de un fluido (generalmente agua) como acoplante del transductor con el espécimen. Los métodos aplicados son: convencional de inmersión, columna de agua, y *transductor giratorio o de rueda*.



Transductor giratorio o de rueda

El transductor giratorio utiliza una rueda de hule llena de agua, que sirve de medio para transmitir la onda acústica del transductor al espécimen. En este caso, el transductor se localiza fijo al eje estacionario de la rueda y se encuentra sumergido en el agua; por su parte, el hule actúa como contacto entre el agua y el objeto.



Técnica de inspección con rueda-transductor

El transductor se puede orientar en varias formas haciendo variar el ángulo de la rueda, de manera que se pueden utilizar las técnicas de haz recto o haz angular, y hacer inspecciones en varias direcciones sobre la pieza.



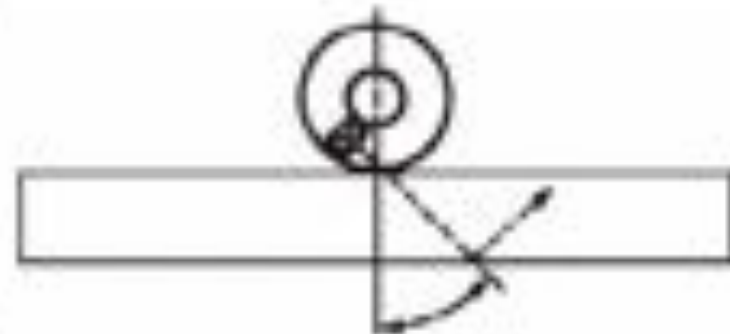
Haz dirigido hacia adelante



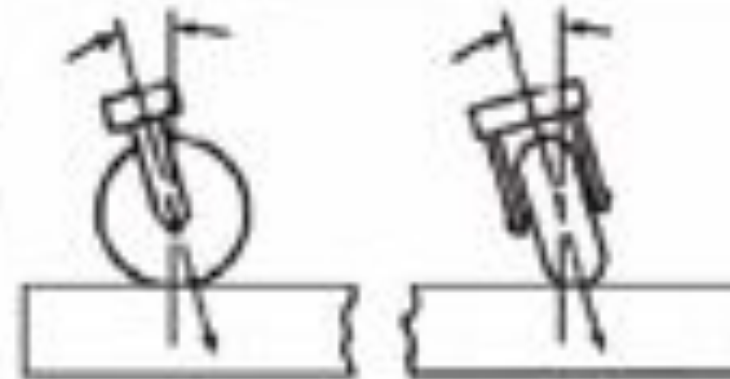
Haz dirigido a 90° del desplazamiento



Haz orientado en ángulo



Señal propagándose en un ángulo de 45°



Variaciones del ángulo de propagación según la orientación

Arreglo de un transductor acoplado a una rueda llena de agua, que gira sobre la pieza de prueba.

Contacto directo

En las pruebas por contacto directo, el transductor se coloca sobre el espécimen mediante una **película de acoplamiento**. La sonda de ultrasonido puede ser desplazada manualmente por el inspector, o utilizar un sistema automático.

Las **técnicas de haz recto y angular** se emplean para lograr ondas longitudinales, transversales o superficiales en la pieza:

- El ángulo de incidencia (mayor que el primer ángulo crítico) puede seleccionarse con el propósito de eliminar las ondas de compresión (longitudinales) y recurrir únicamente a ondas cortantes (transversales).
- Las ondas superficiales (Rayleigh) son el resultado de ángulos de incidencia muy grandes (mayores que el segundo ángulo crítico), y ser empleadas en la detección de pequeños defectos superficiales.

Ultrasonic testing of rails using the rail testing trolley SPG 3



The angles are set to 70° , 38° , 0° , -38° and -70° (refer to Fig. 2).

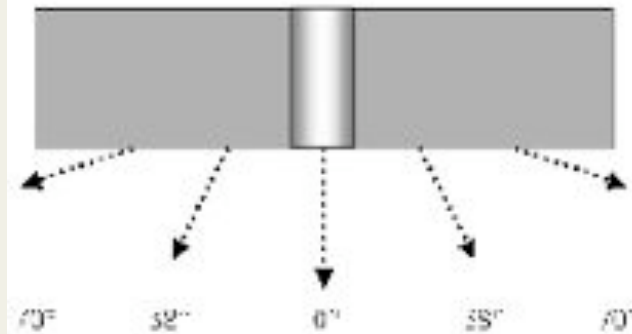


Fig. 1: Rail testing trolley SPG 3



Fig. 3: The 70-38-0-38-70 probe with holder of the SPG 3

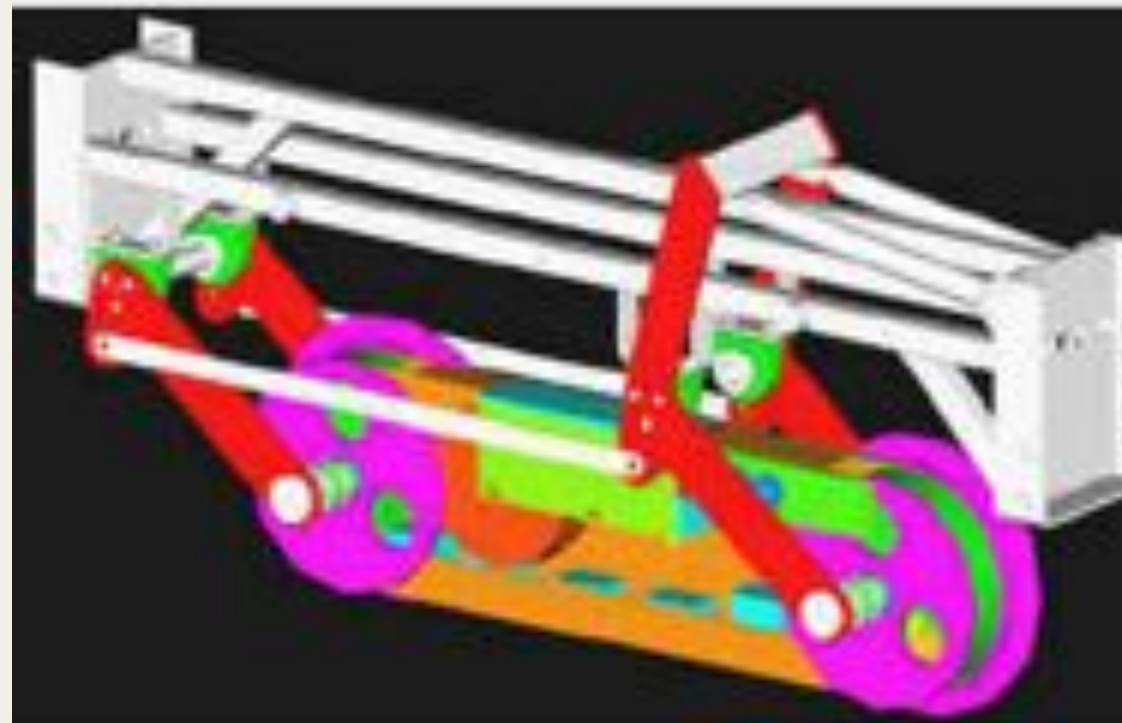
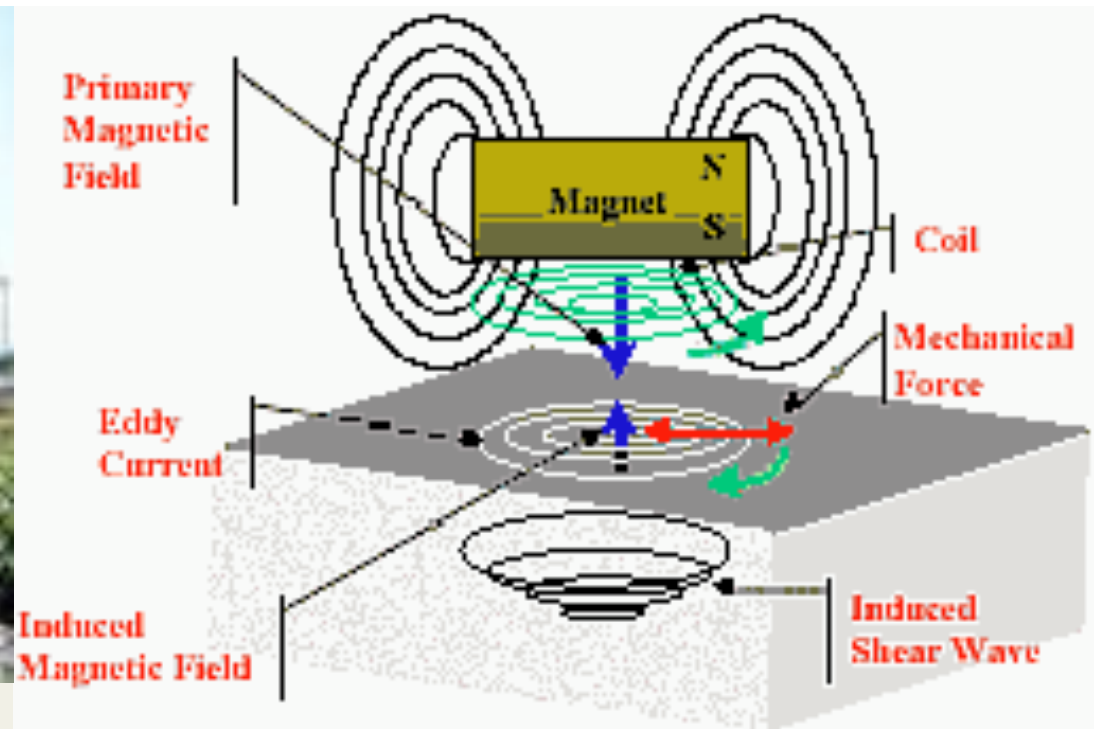


Fig. 4: The distribution box of the SPG 3

Transductores electromagnéticos-acústicos (EMAT)

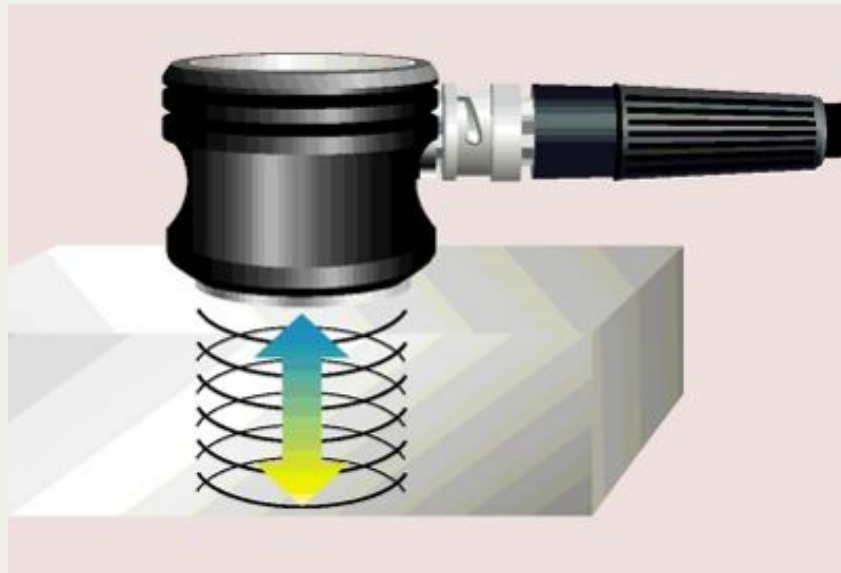
Los transductores EMAT son de **no-contacto** y emplean principios físicos de electromagnetismo y acústica para generar y recibir las ondas de ultrasonido. En este caso, las ondas de ultrasonido se generan por la vibración de las fuerzas de Lorentz que se producen por la interacción de un campo magnético estático y las corrientes inducidas a través de una bobina alimentada por corriente alterna de alta frecuencia. La fuerza magnética ejercida sobre el espécimen vibra a la misma frecuencia y dirección que le produce la bobina, por lo que se pueden producir ondas de compresión o cortantes. Para recepción, la vibración del espécimen actúa como un conductor en movimiento en un campo magnético, generando la fuerza electromagnética, que se mide con una bobina.

Como los transductores EMAT son de no-contacto, ya sean emisores o receptores, resultan especialmente adecuados para inspecciones a alta temperatura, o en aplicaciones a superficies rugosas o en movimiento. Adicionalmente, su versatilidad permite generar ondas de compresión, cortantes, superficiales o de Lamb. Como desventaja está su alta sensibilidad al ruido, tanta que se requieren imanes muy grandes, y manejar altos límites de probabilidad.



Técnicas de pulso-eco

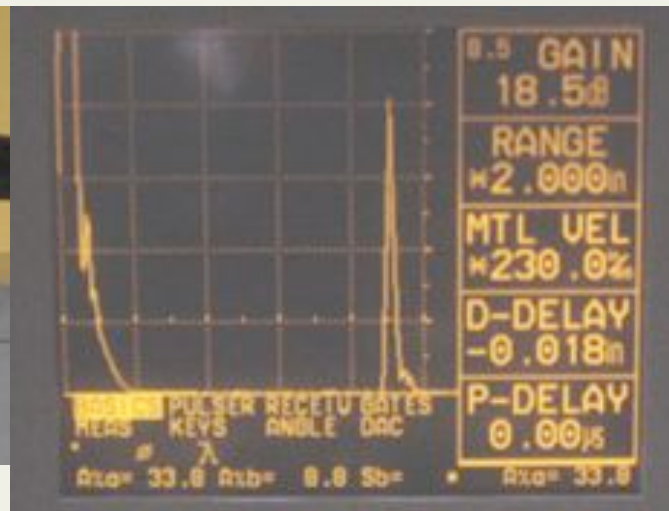
En las inspecciones pulso-eco, generalmente se utilizan transductores que son simultáneamente emisores y receptores de ultrasonido. Con ellos, se genera un pulso que se transmite al espécimen y se recogen tanto el pulso inicial como el reflejo de la parte posterior del objeto. Cuando se detecta un defecto, éste genera un reflejo cuya magnitud depende del tamaño, llegando en ocasiones a obstruir el paso de la onda de ultrasonido con lo cual se impide el reflejo de la parte posterior.



Esta técnica y sus variantes son las de mayor uso, ya que sólo requieren del acceso a un lado del objeto de prueba.

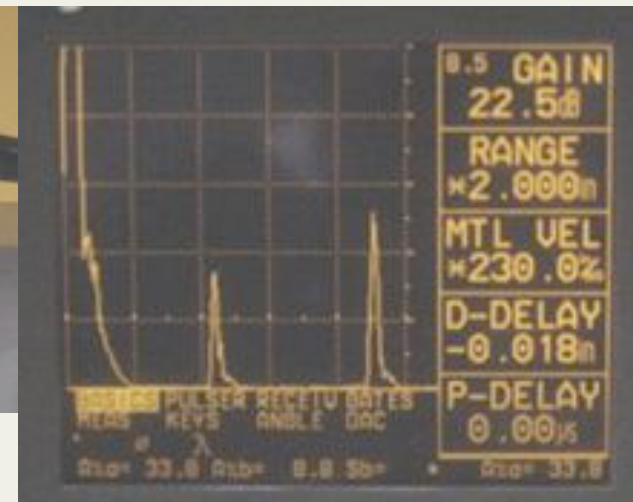
La técnica de pulso-eco puede emplear ondas sonoras de compresión, cortantes, superficiales o de Lamb en métodos directos o de inmersión.

Técnica Pulso-Eco



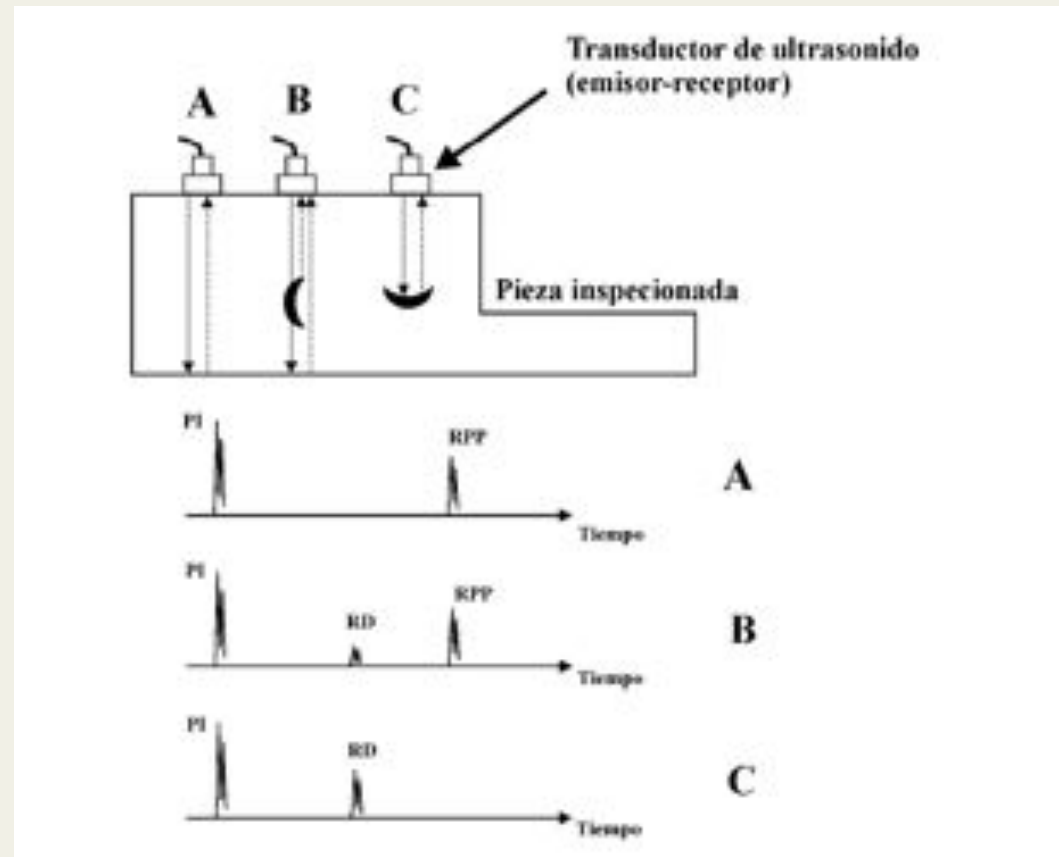
Señales de ultrasonido generada y reflejada en la pared

Presencia de un reflector a mitad de camino. Se registra con amplitud menor que la reflejada en la pared.



En teoría la tecnica pulso-eco permite la inspección desde un solo lado y posibilita la localización de los reflectores de forma precisa.

Con la técnica pulso-eco la onda de ultrasonido reflejada se altera por la presencia de discontinuidades y ambas, la existencia y su localización, pueden determinarse. Mayor sensibilidad de detección se logra cuando la orientación del defecto es perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

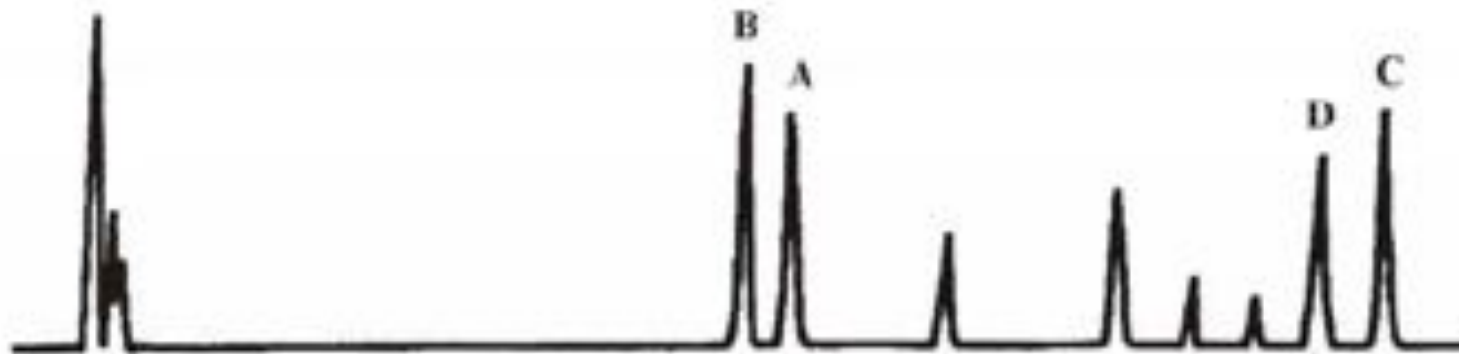
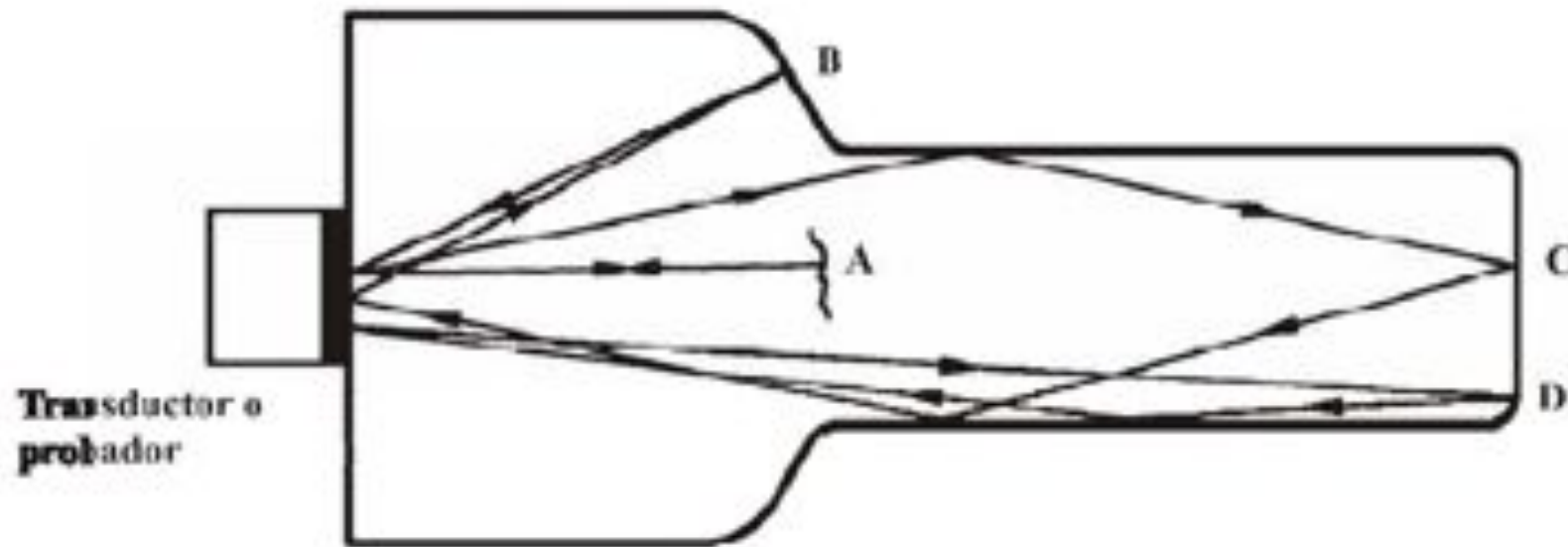


Representación esquemática de la inspección por ultrasonido.

A) Pulso inicial (PI), y reflejo de la parte posterior (RPP)

B) Pulso inicial, reflejo del defecto (RD), y reflejo de la parte posterior (el defecto deja pasar parcialmente la onda de ultrasonido)

C) Pulso inicial, y reflejo del defecto (el defecto no deja pasar la onda de Ultrasonido)



Señal típica con múltiples reflejos obtenidos de una pieza con un defecto, y geometría compleja

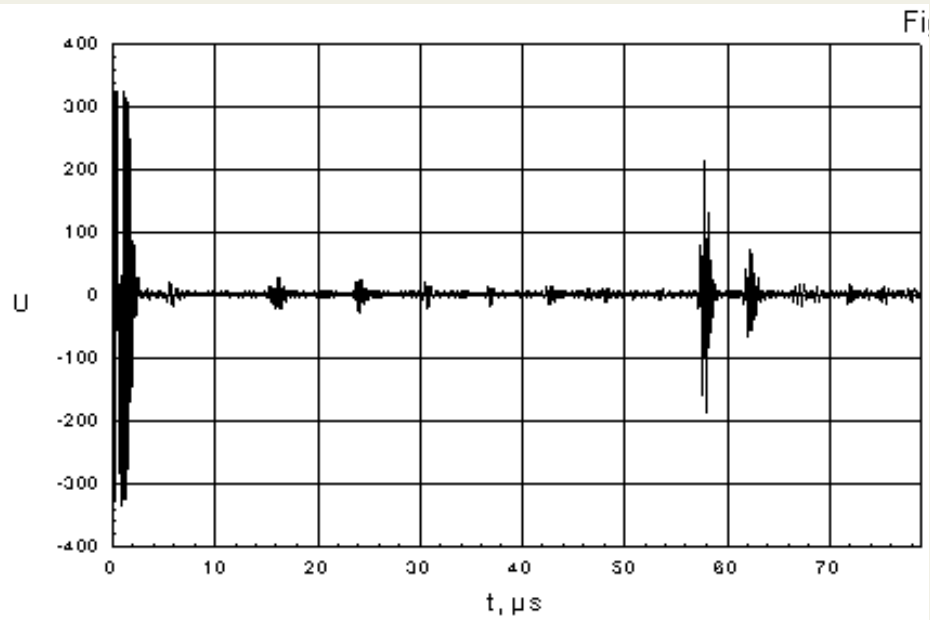


Fig 10

Rail sin fisuras. Eco del fondo del rail a $58\mu s$ y primer eco lateral a los $62\mu s$

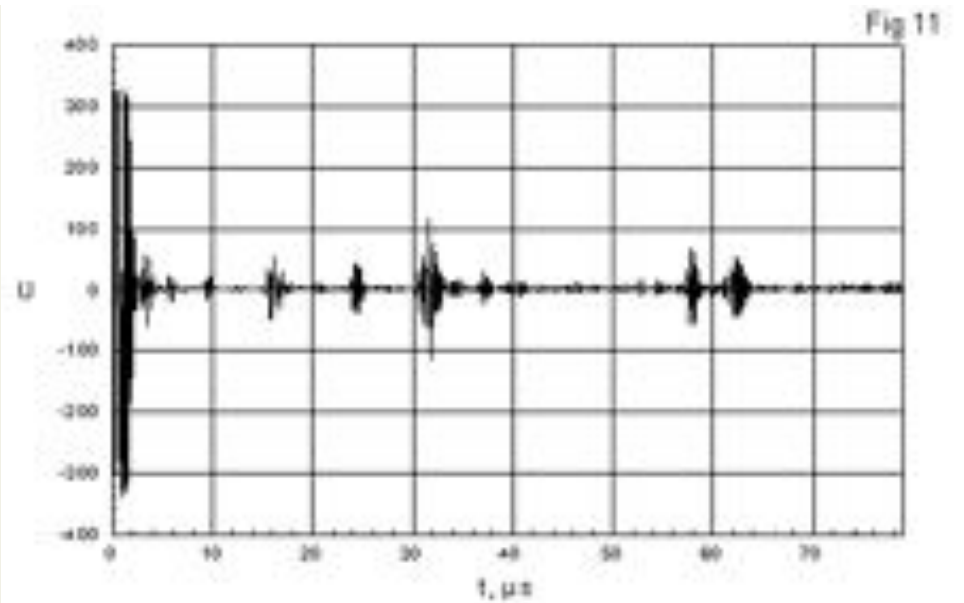
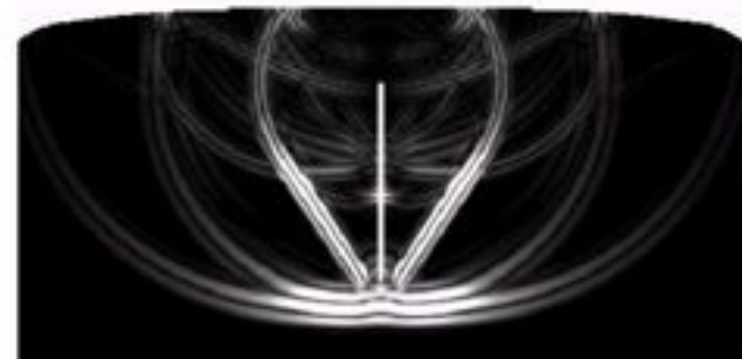
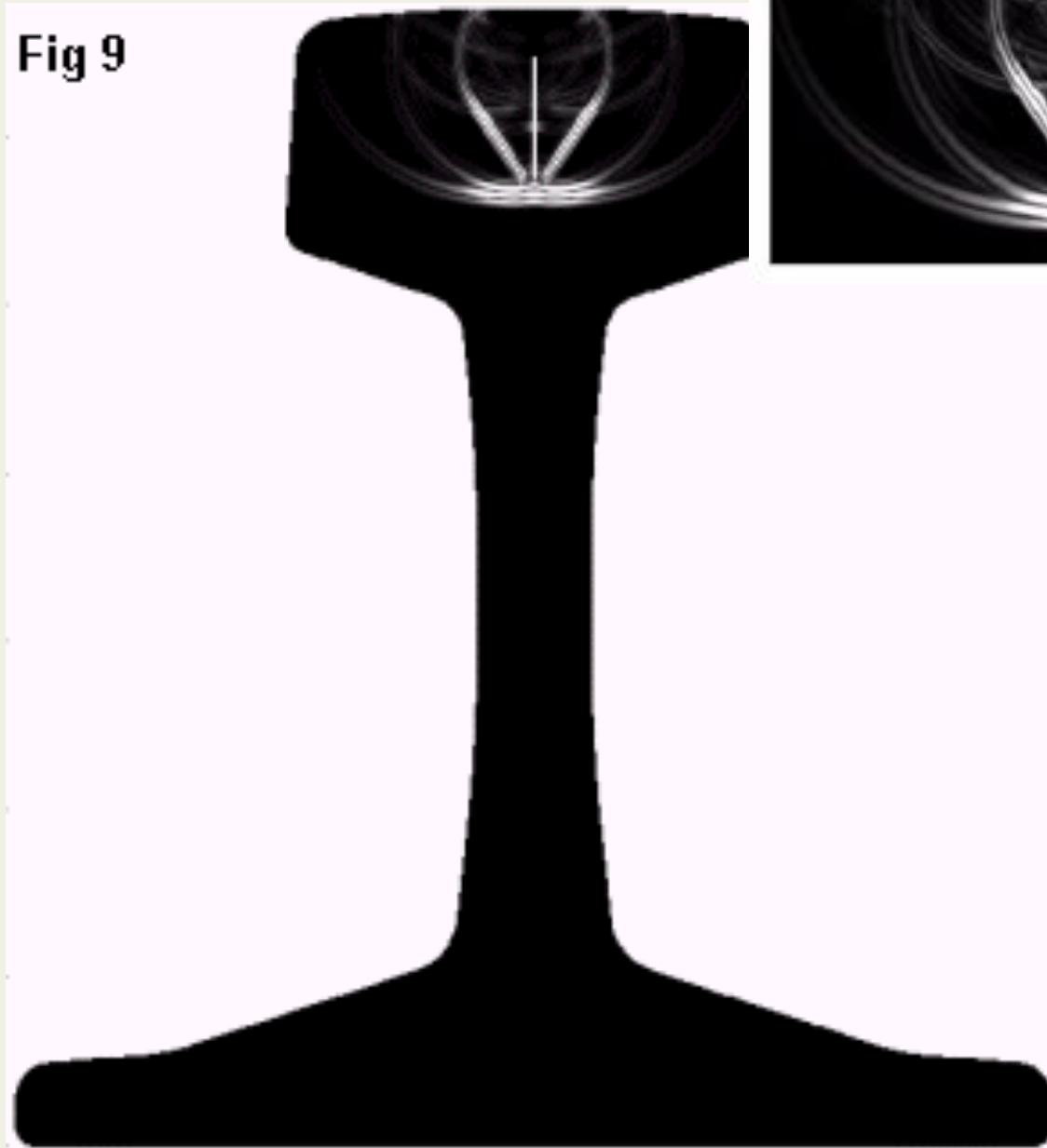
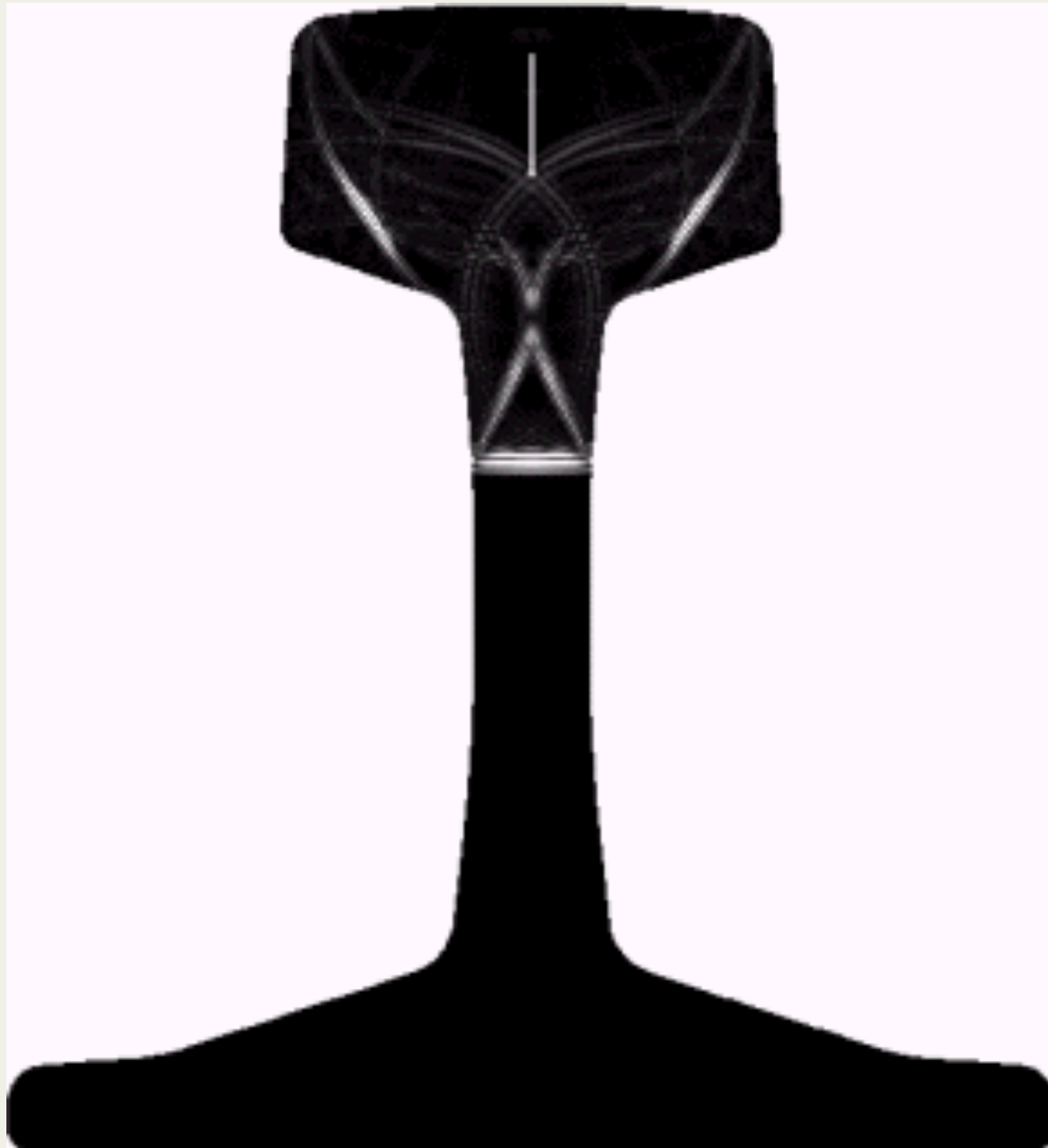


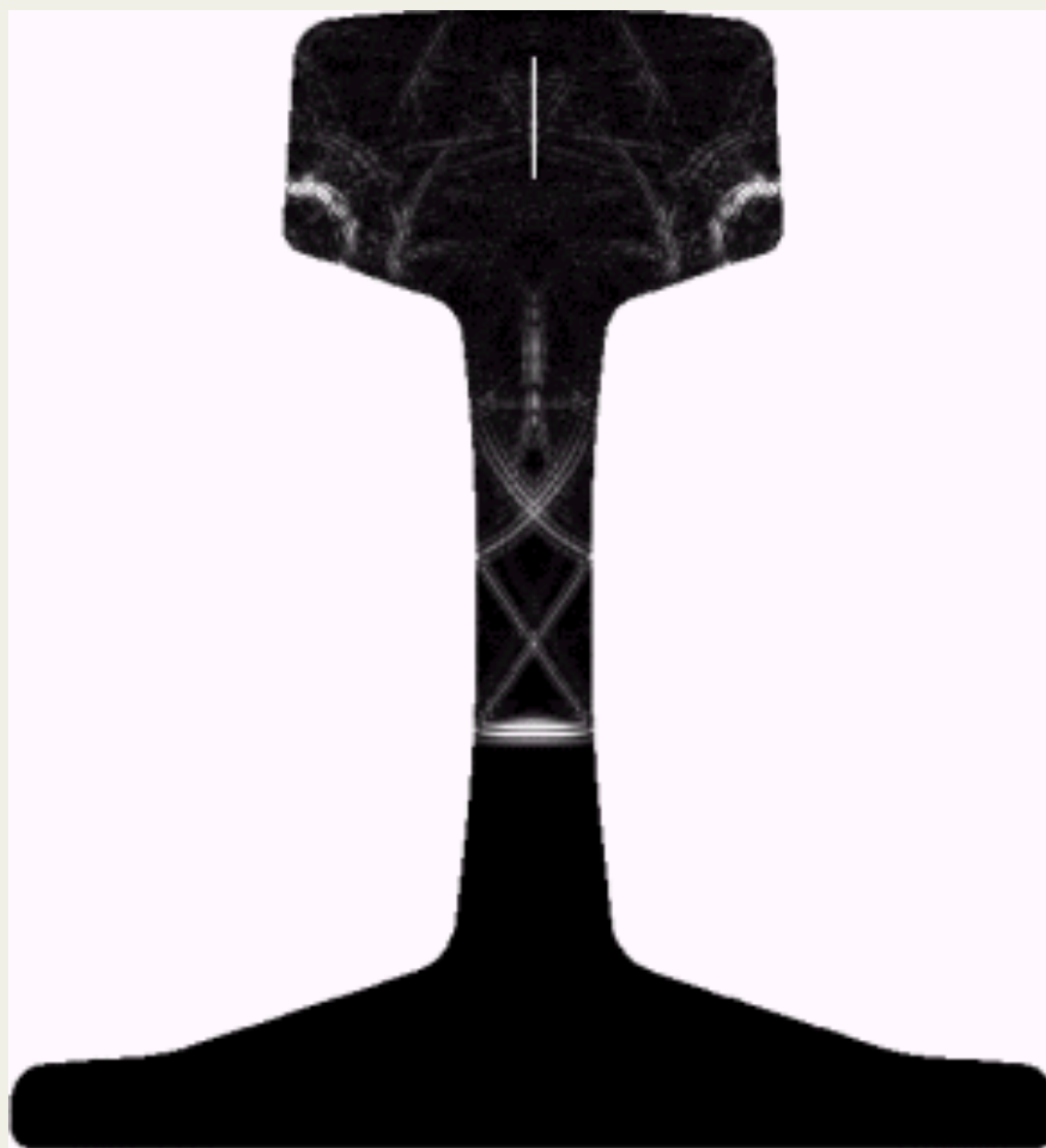
Fig 12

Rail con fisura vertical en cabeza. Eco del fondo del rail a $58\mu s$ se encuentra atenuado y la onda se refleja en la cabeza a los $32\mu s$

Fig 9

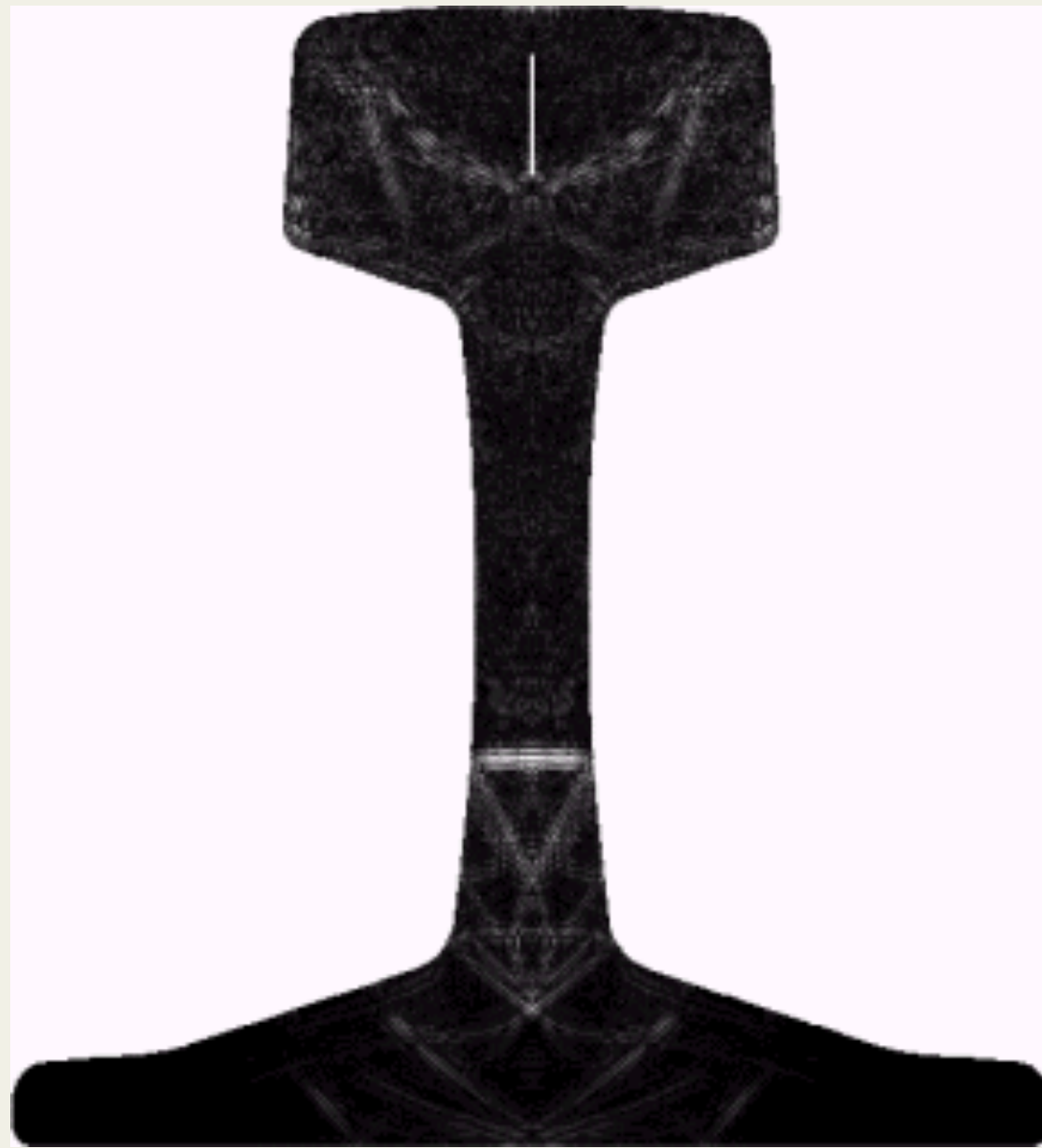


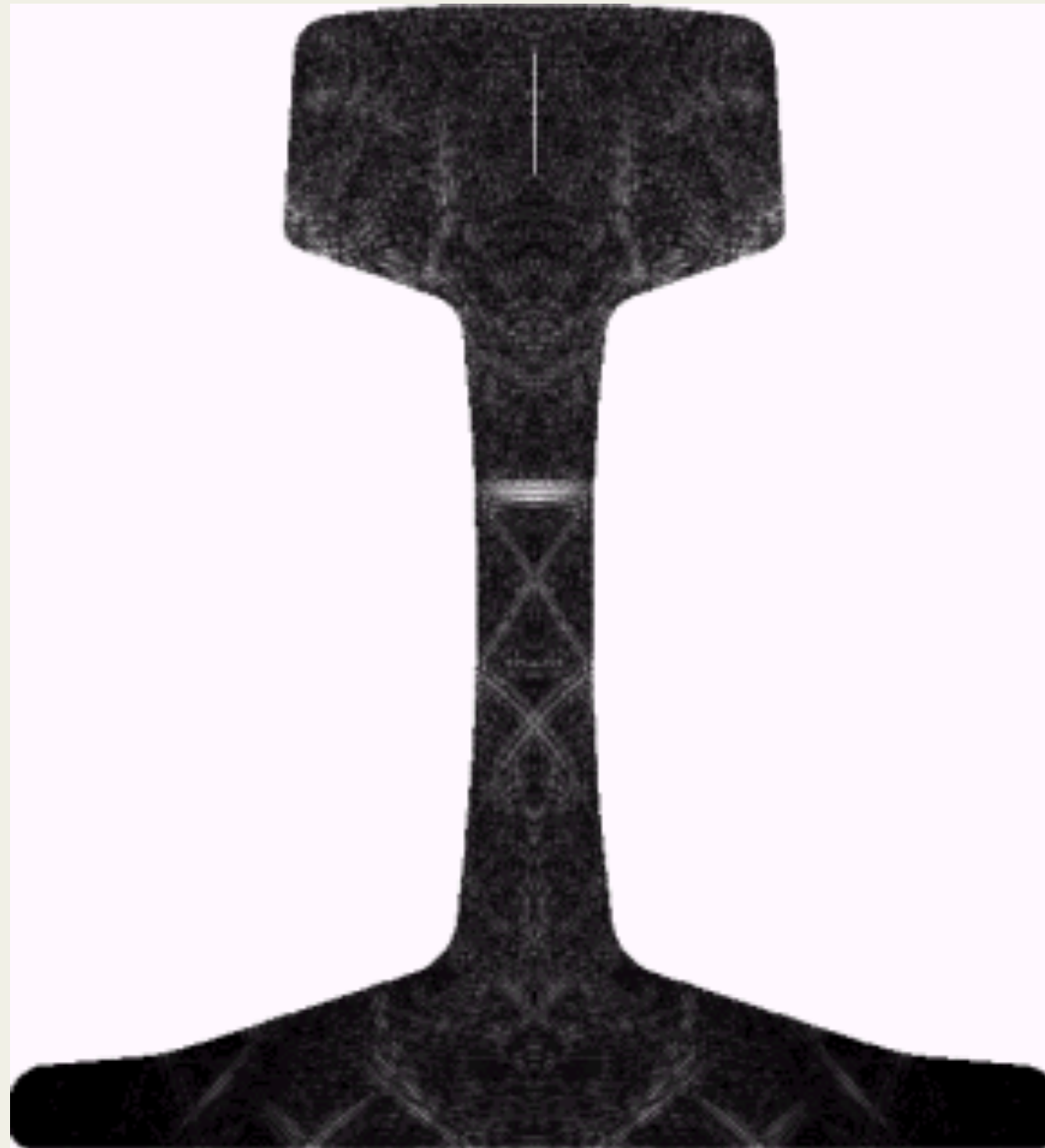


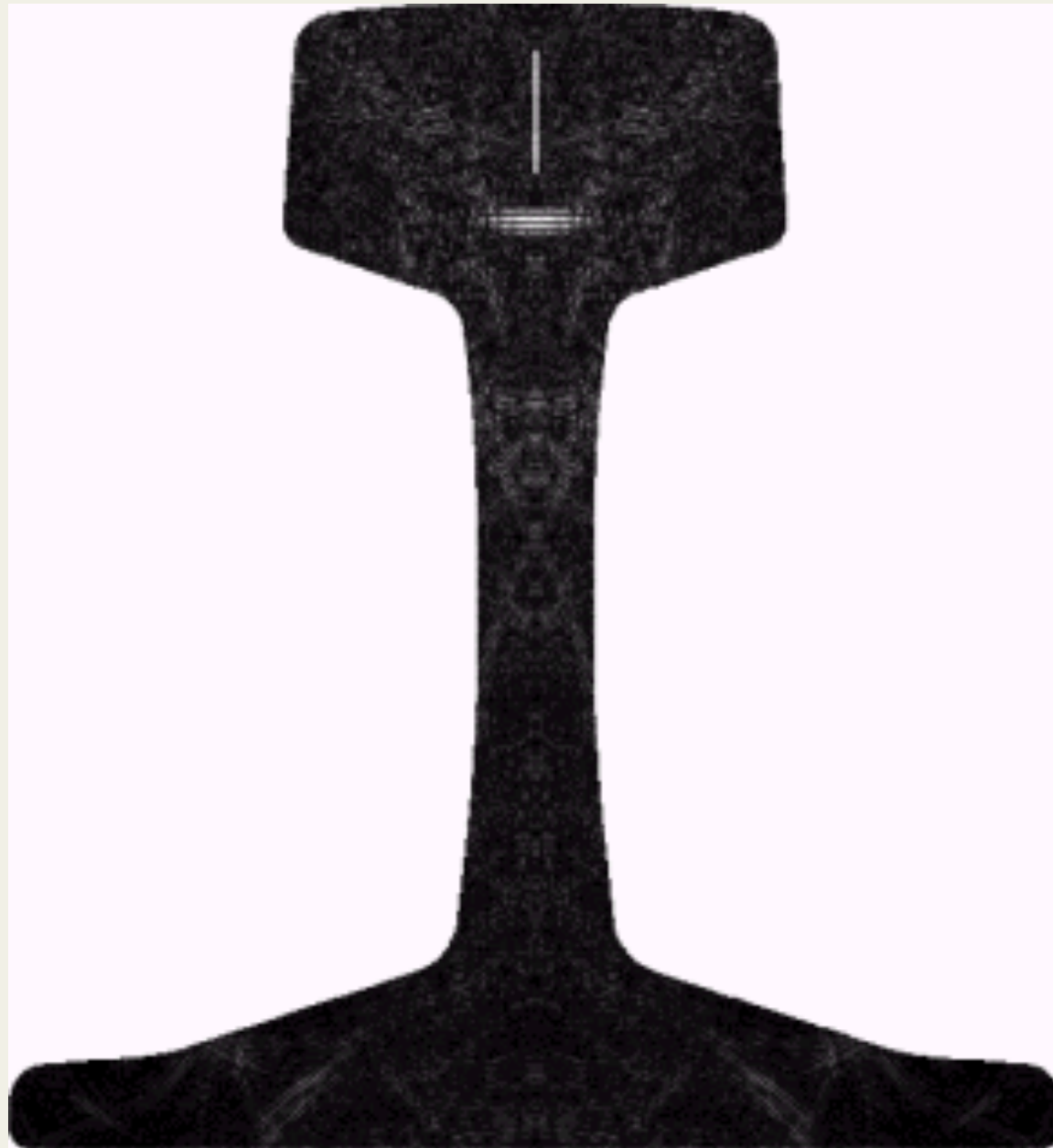


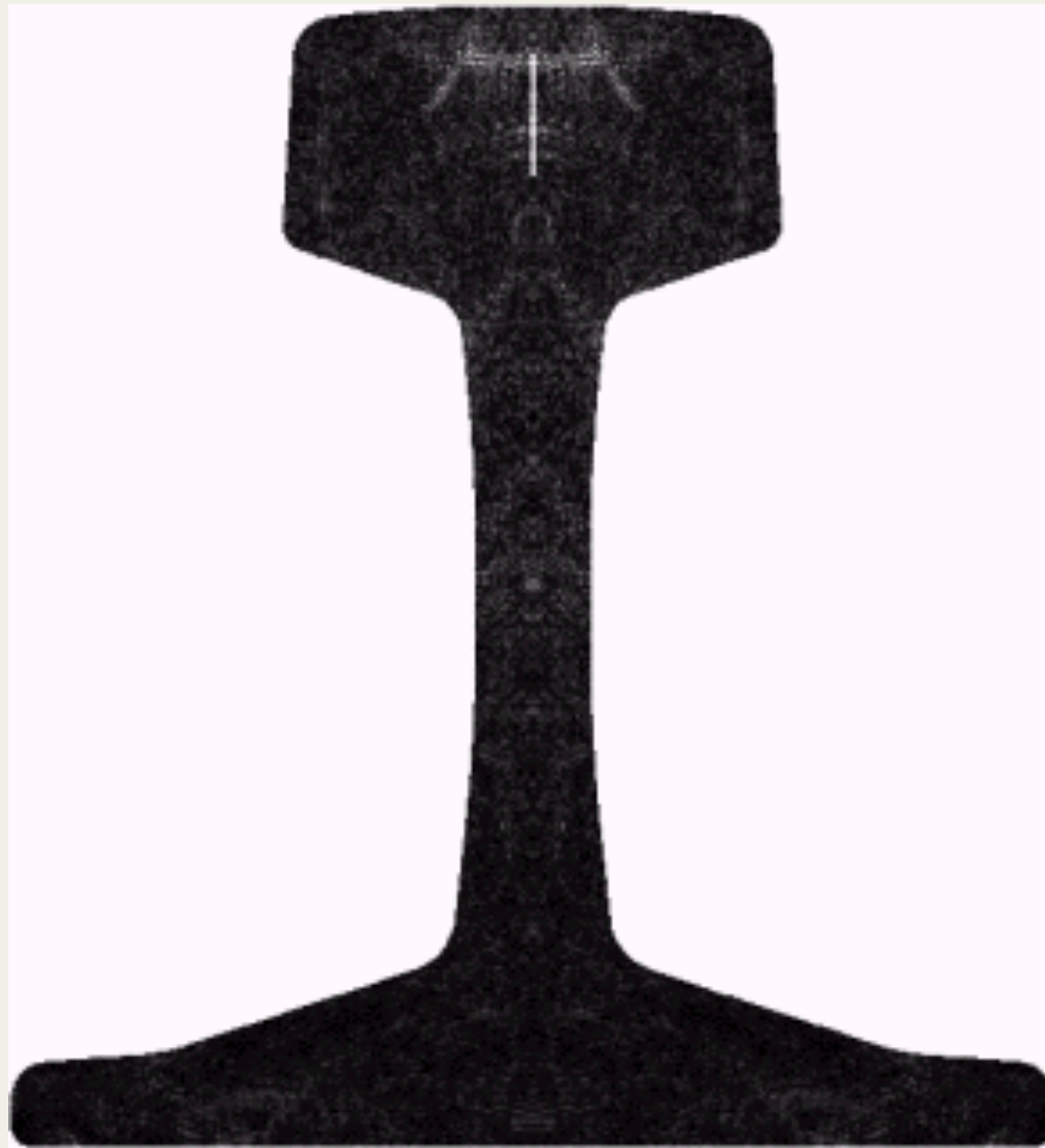












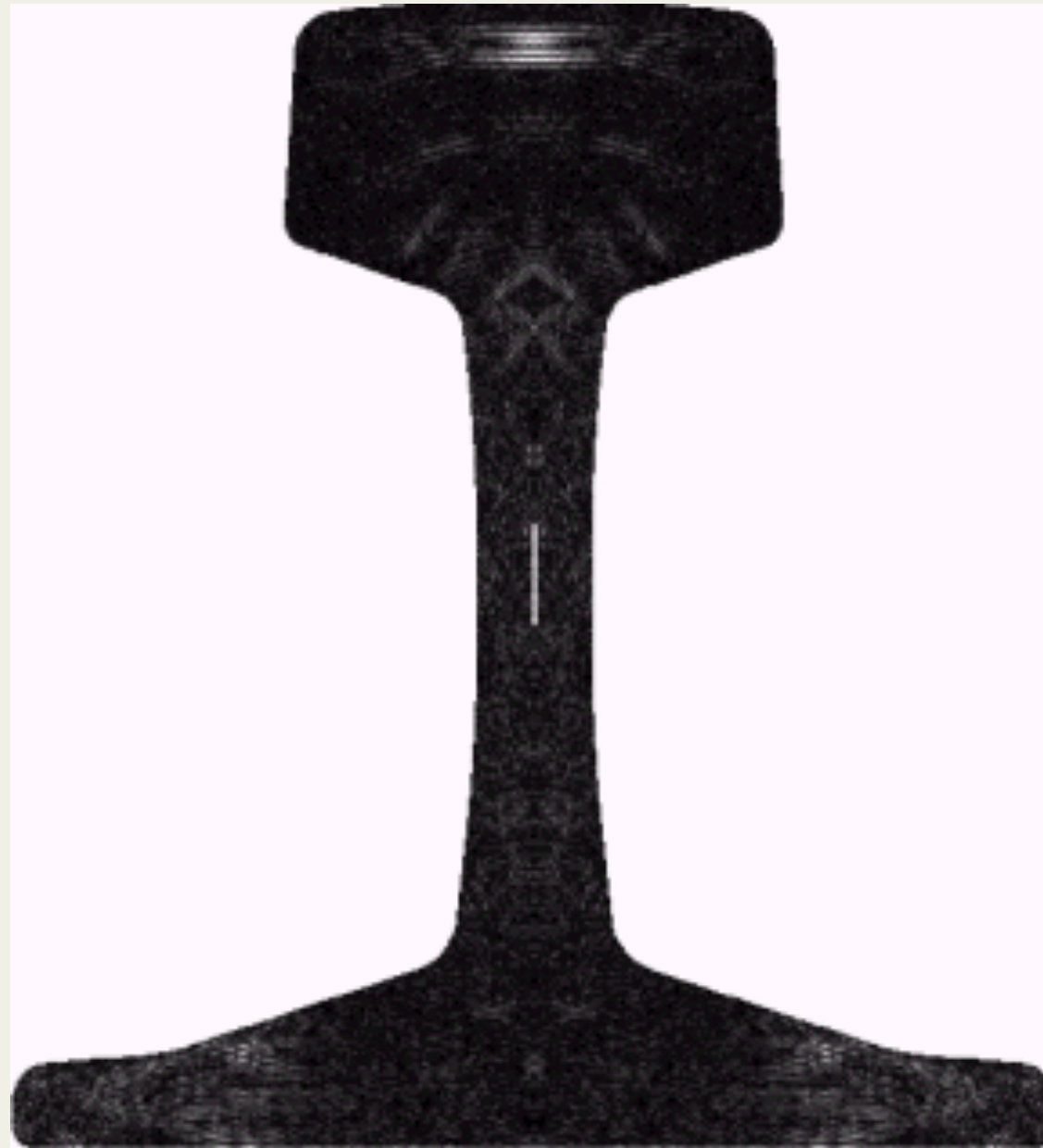
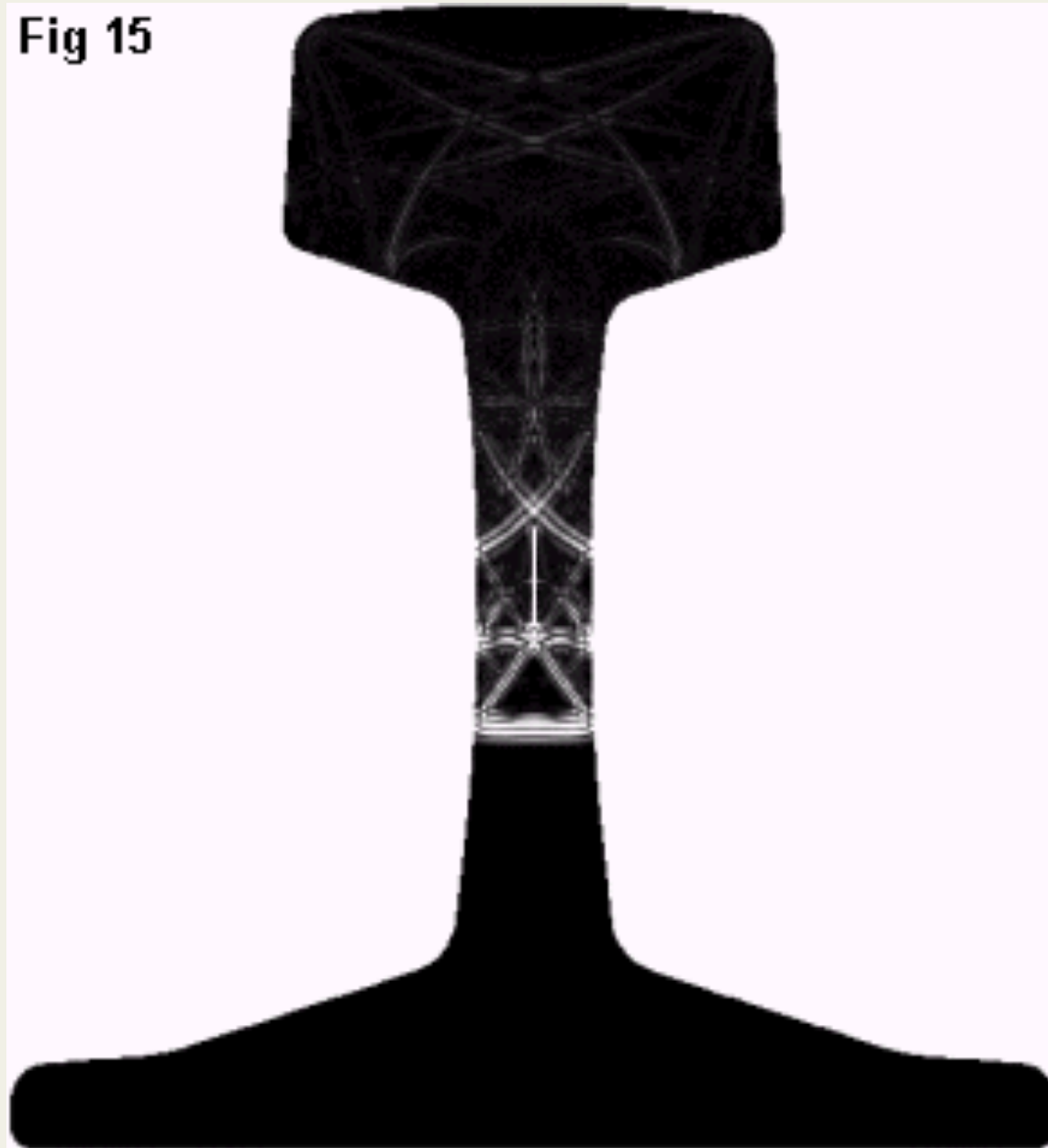
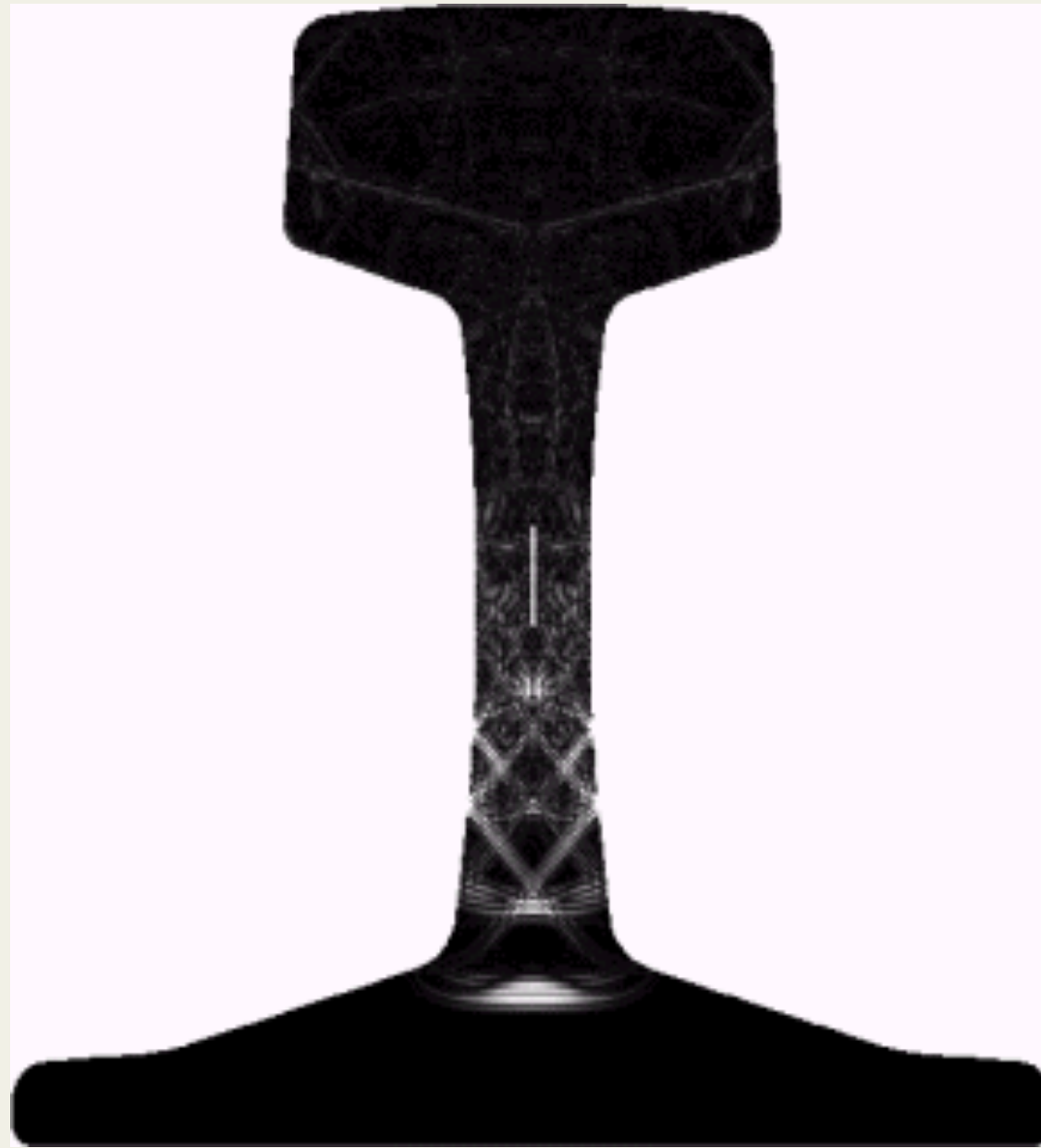
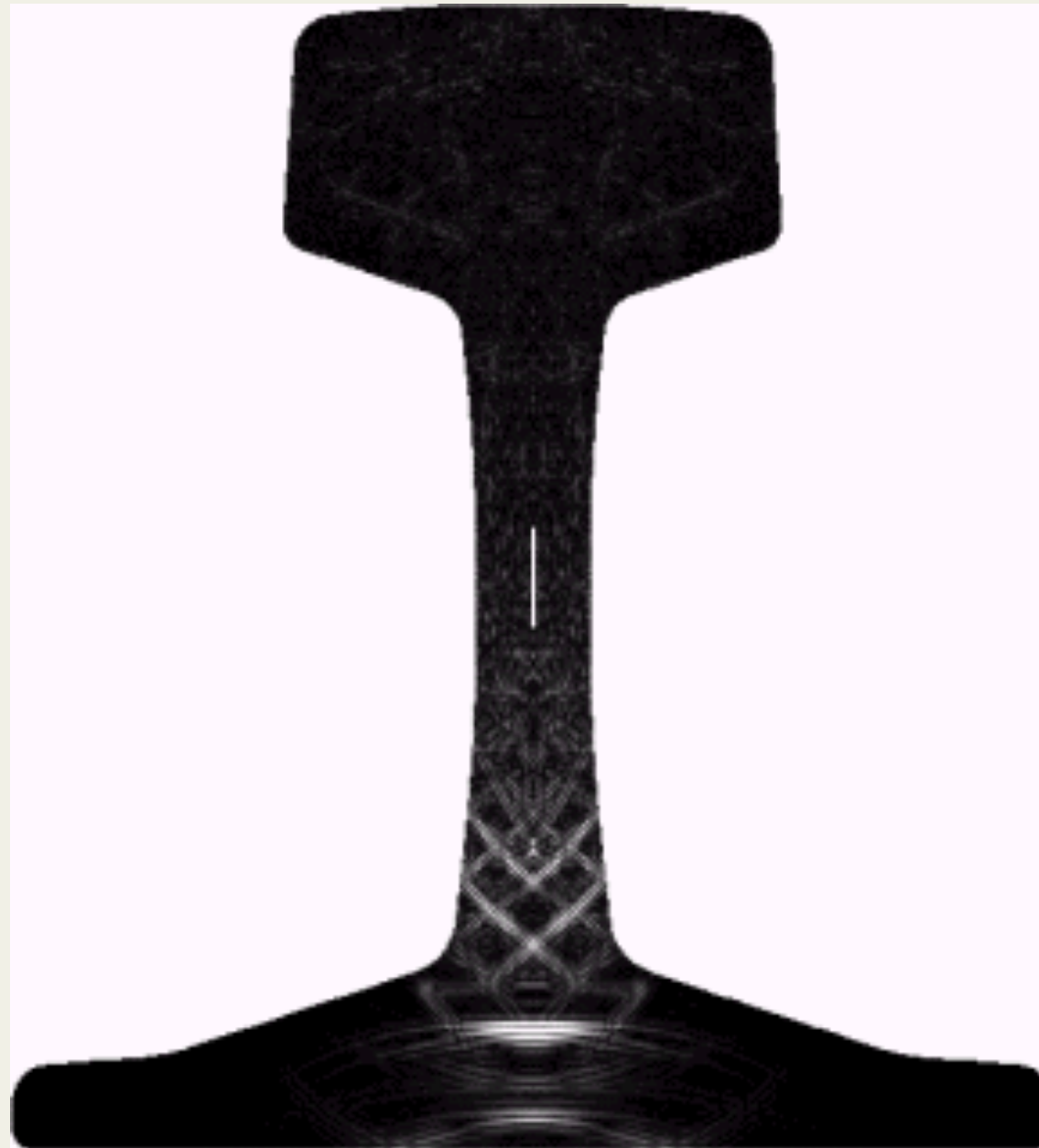
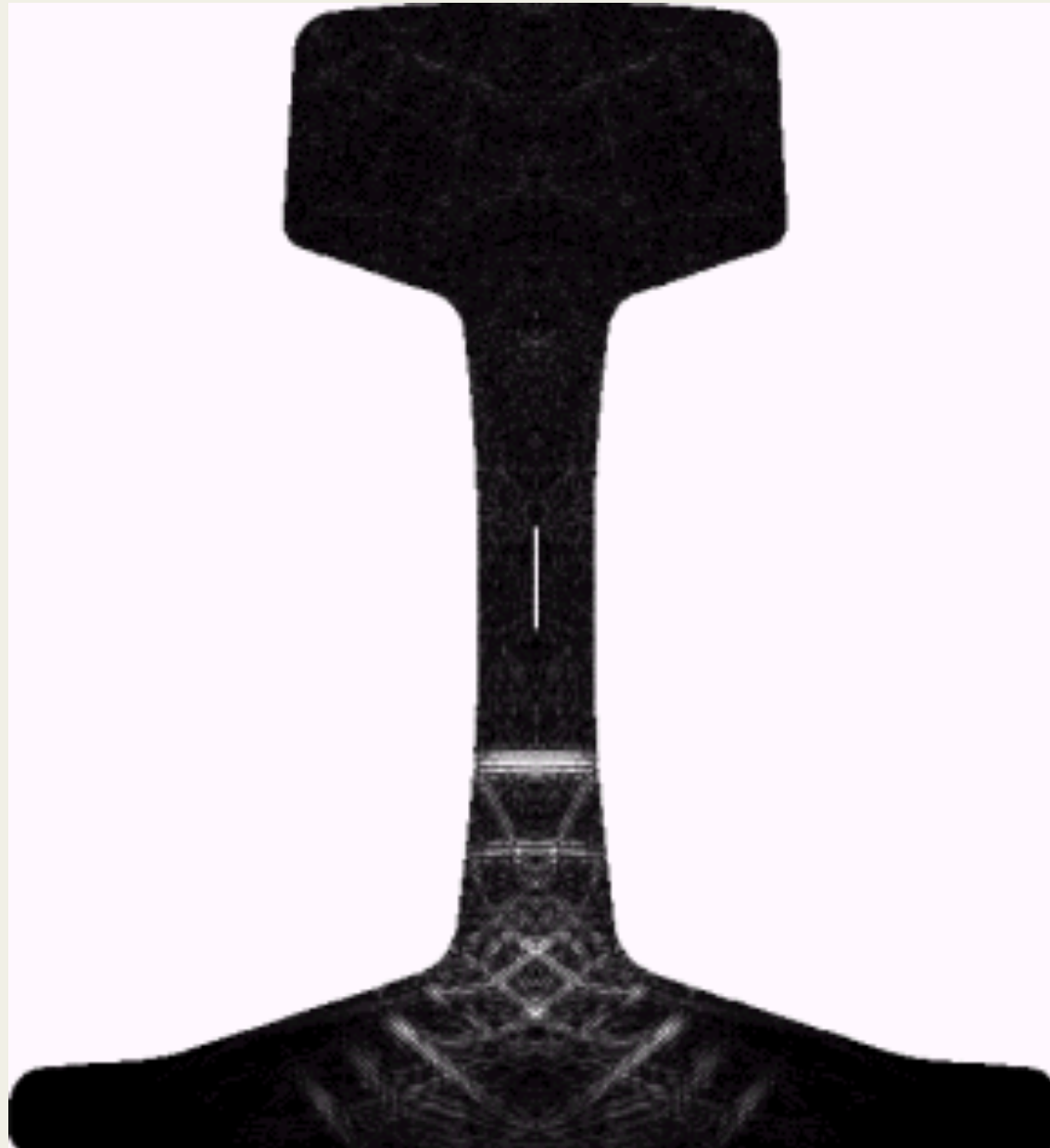


Fig 15









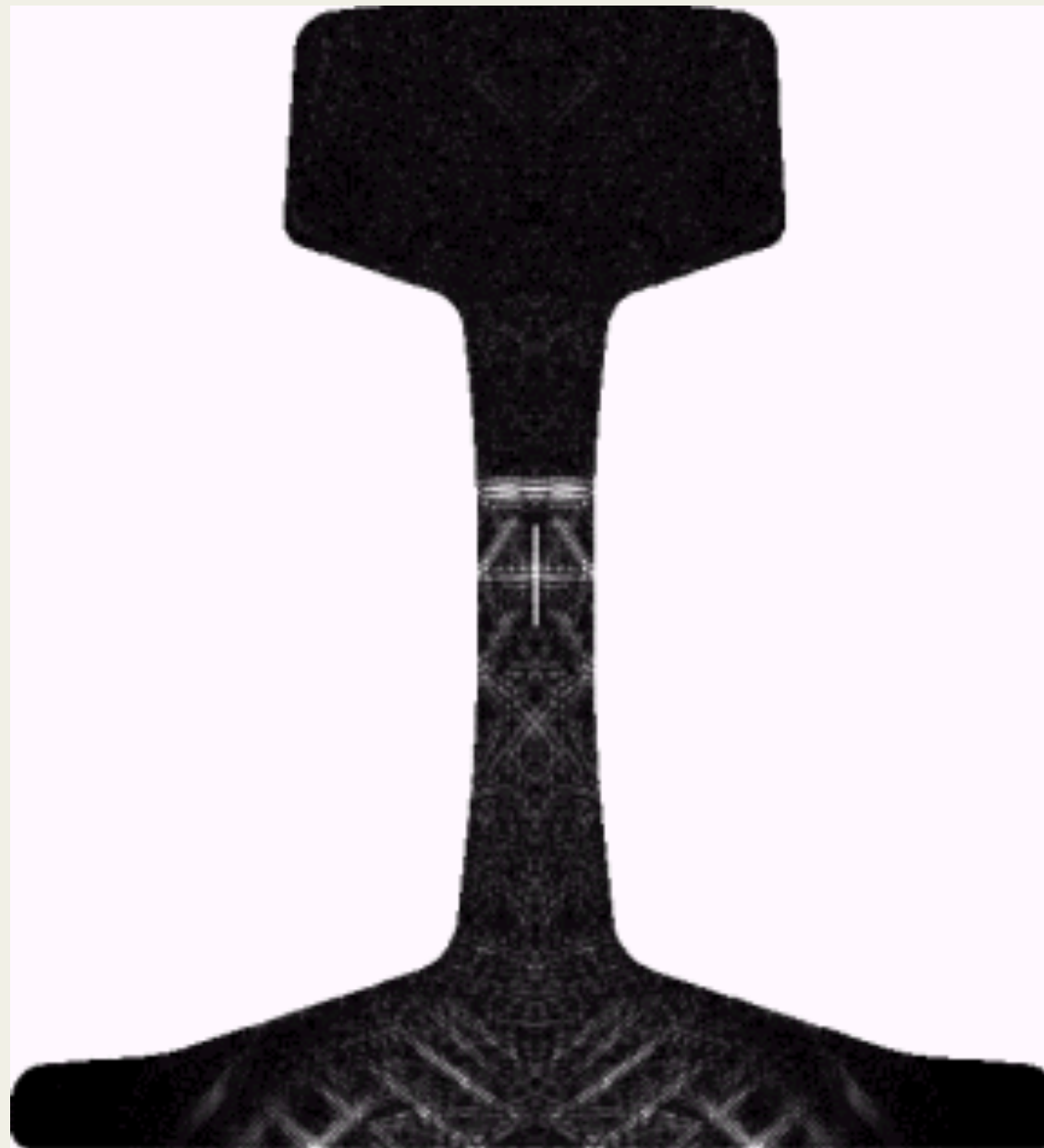


Fig 17

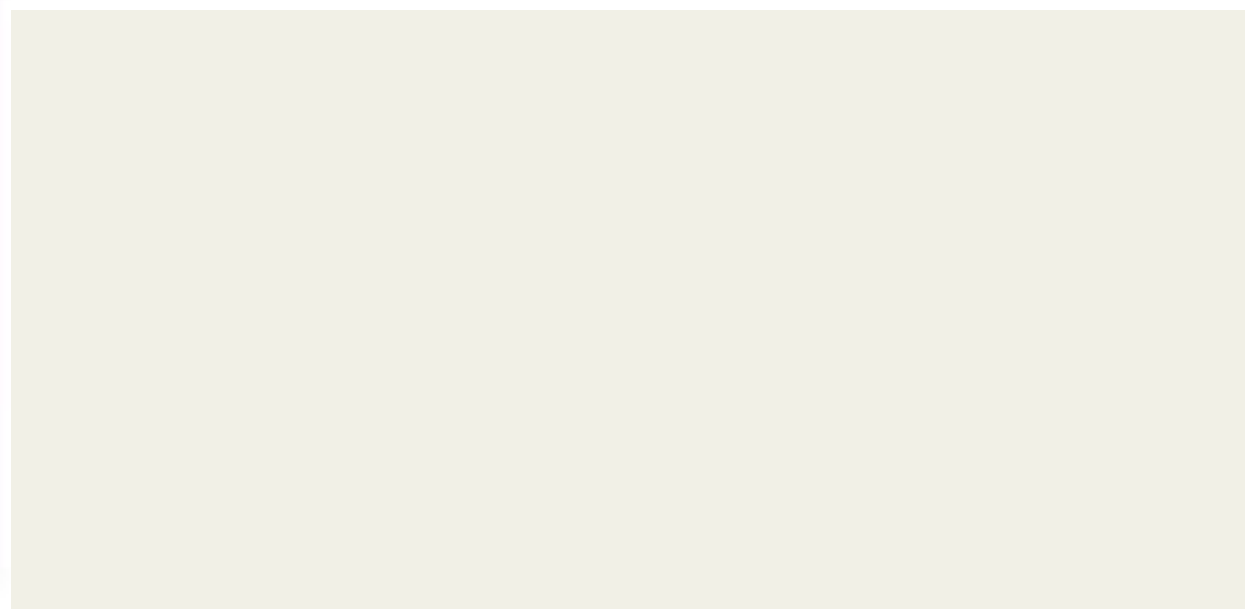
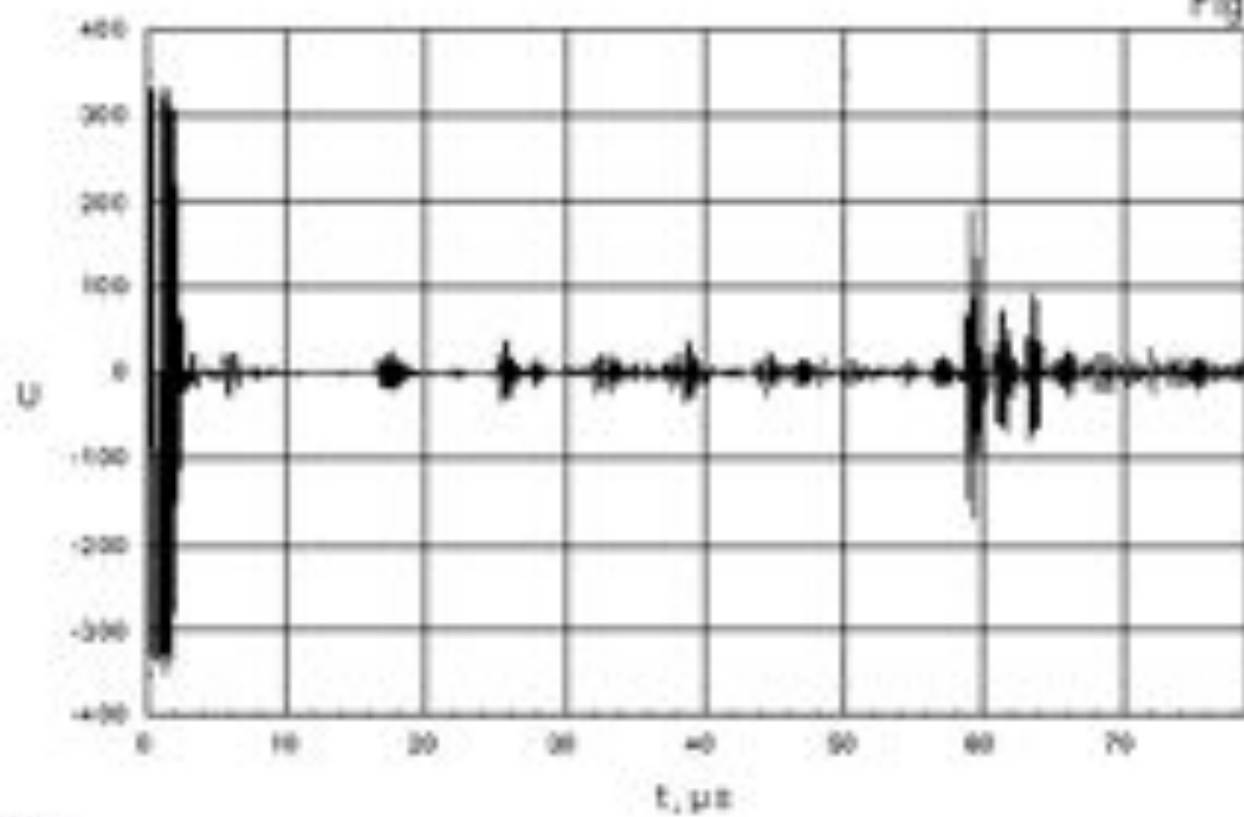


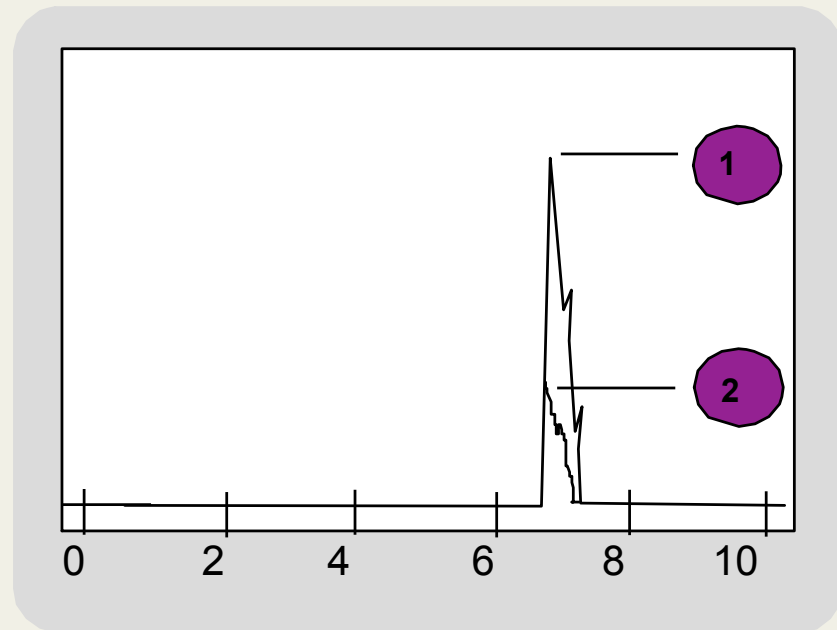
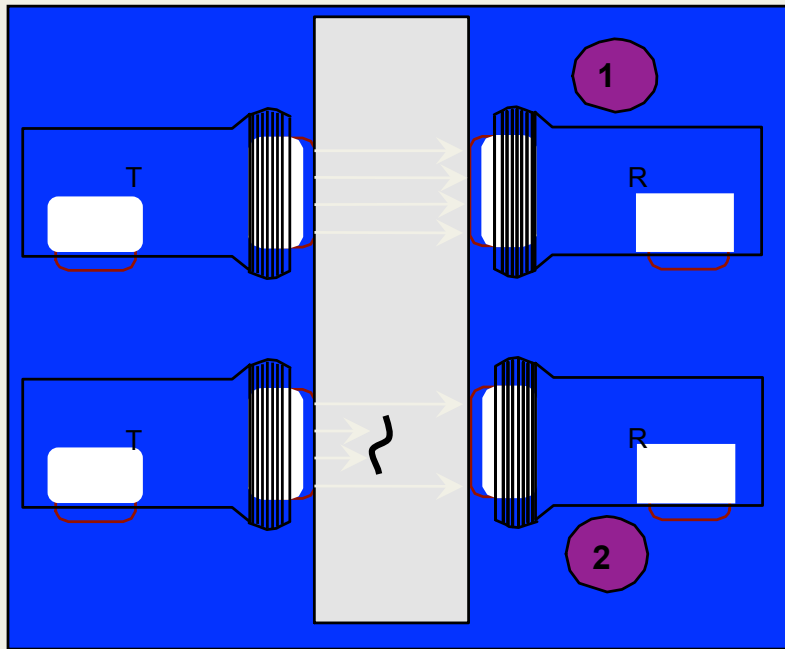


Fig. 60 Reflectors at different depths and their

Técnicas de transmisión

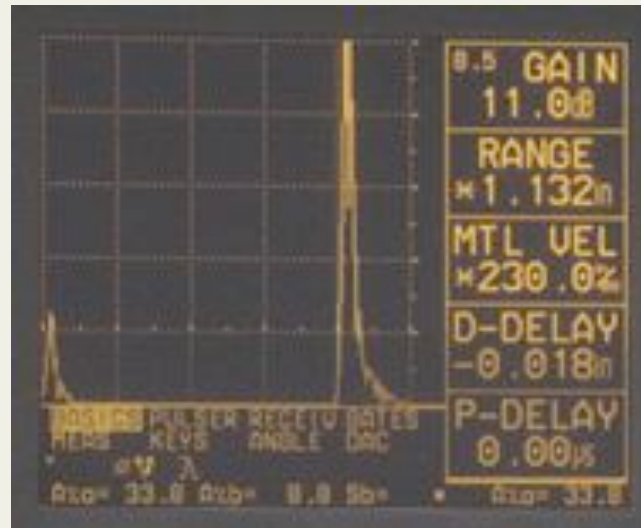
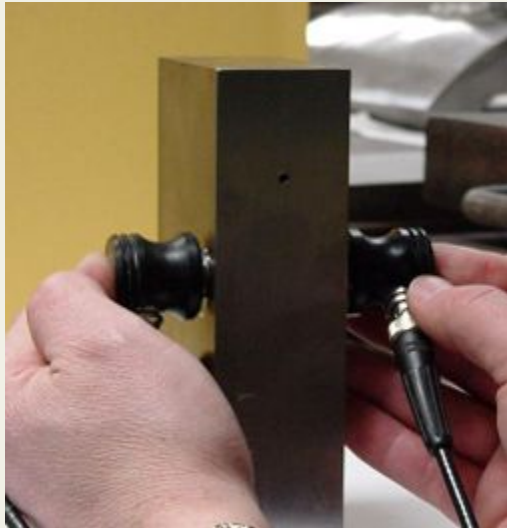
Son aquellas en las cuales en un punto de la pieza, se aplica una onda de ultrasonido, y en un punto opuesto se recibe la respuesta de la señal inducida

En este caso sólo se mide la atenuación de la señal pues no hay reflejo proveniente del defecto. Así, la presencia del defecto produce una reducción en la señal recibida en el sensor, pero su localización no puede determinarse.

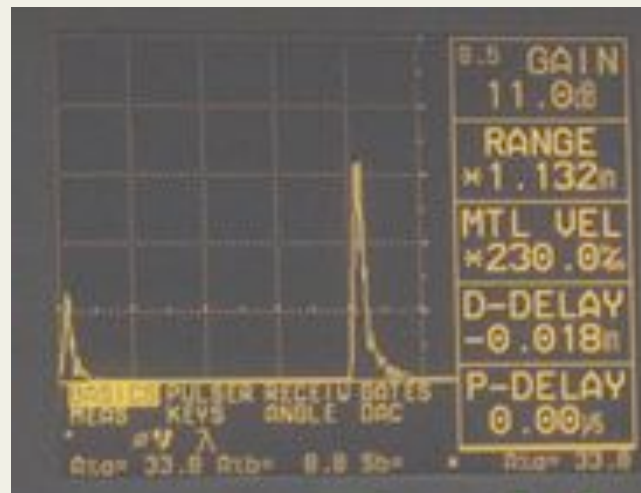


- La discontinuidad produce **pérdida parcial del sonido** recibido por el receptor lo que se manifiesta en la disminución de la amplitud en la señal registrada.
- Técnica útil para la detección de discontinuidades que no son buenos reflectores.

Técnica de Transmisión



Registro de la señal tras atravesar el grosor del espécimen.



Se registra pérdida de señal si existen discontinuidades

Técnicas de contacto angular

Cuando las grietas se encuentran en el interior del material, se emplean técnicas de haz angular en las cuales el ángulo se orienta buscando la mayor reflexión de la grieta al transductor.

Como se indica en la figura, las ondas de ultrasonido pueden tener varios reflejos en la cara posterior antes de llegar a la grieta, y lograr el ángulo óptimo de detección.

Nótese que la localización del transductor receptor resulta ser más complicada cuando la señal llega y se refleja de la posible grieta, siguiendo una trayectoria indirecta y compleja.

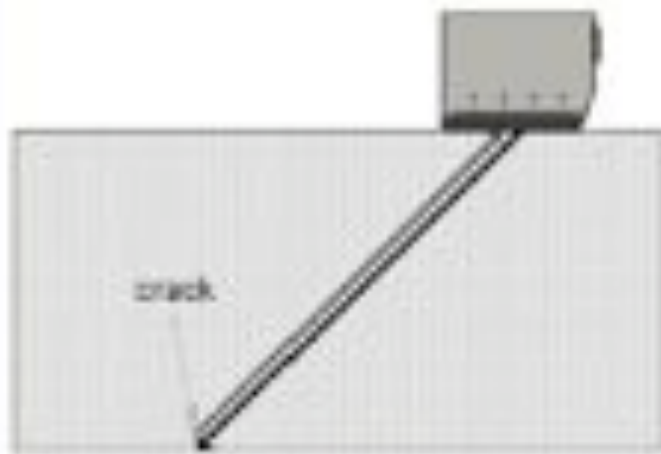


Fig. 8a Crack detection with 45° scanning

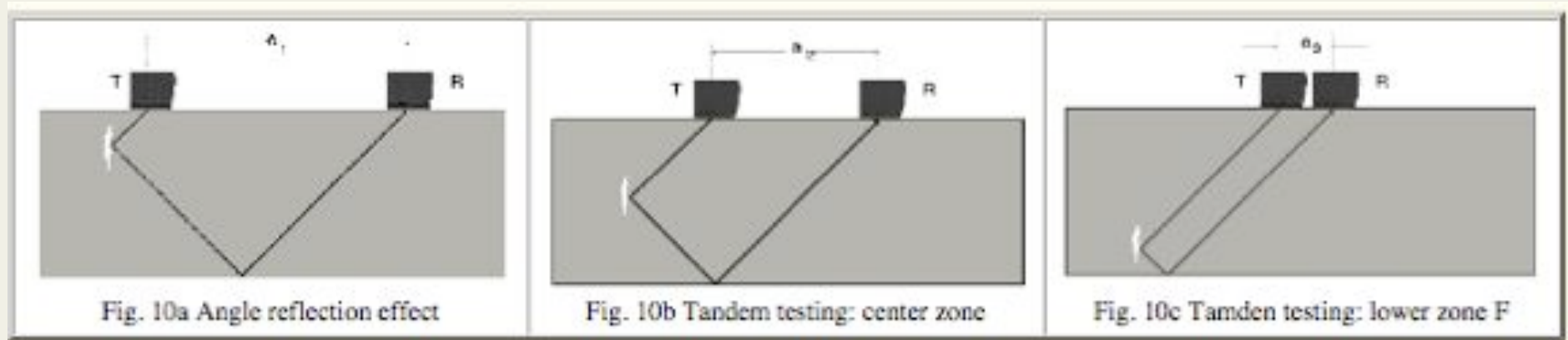


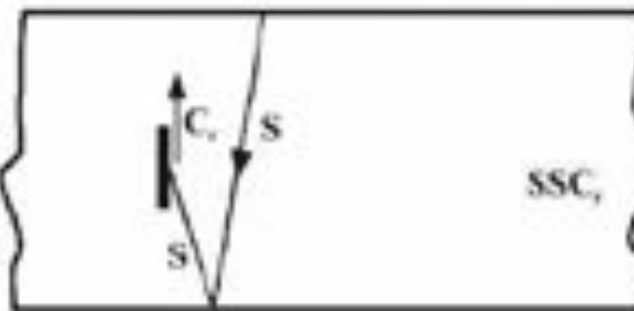
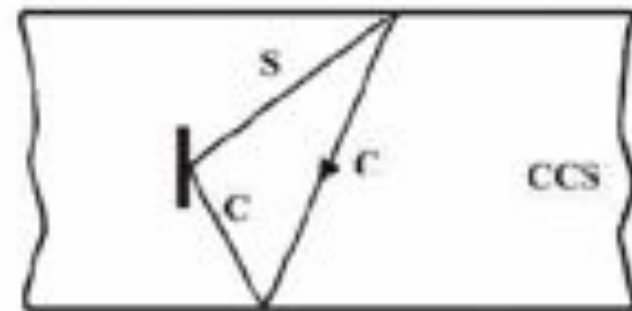
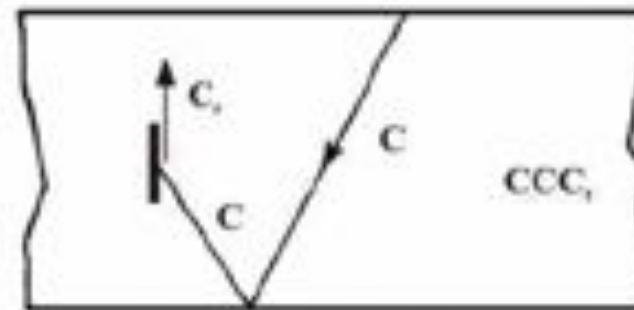
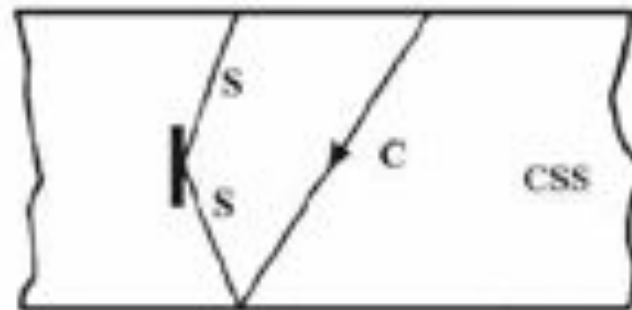
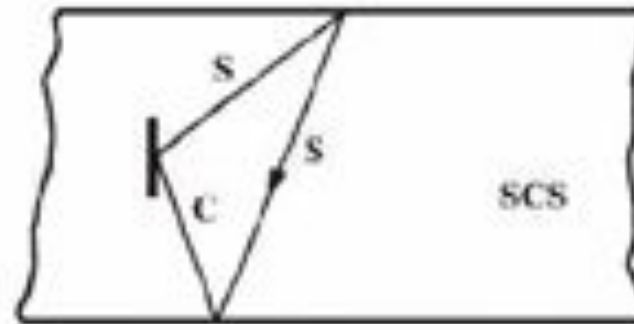
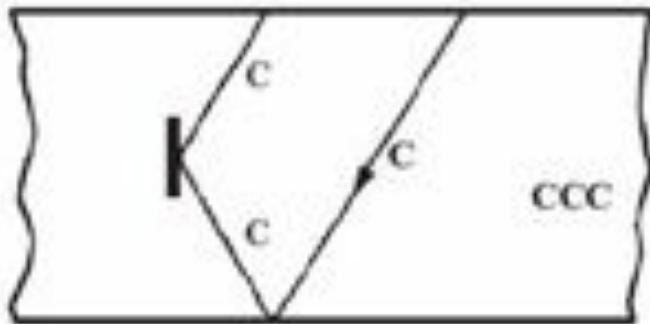
Fig. 8b Angle reflection effect



Fig. 9 Plane, vertical reflector near the surface

Los **transductores en tándem** uno emite la señal de ultrasonido y el otro la recibe, ambos en dirección angular. En este caso, tanto el ángulo como la distancia entre los transductores se pueden variar para lograr una emisión, Se puede programar una inspección para aprovechar el efecto de conversión de modos, y utilizar determinado tipo de onda de ultrasonido. Lo anterior permite varias posibilidades de inspección y ajustarlas a problemas particulares;





C = onda de compresión
 S = onda transversal o de corte
 C_s = onda superficial o crítica

Diferentes posibilidades de
 inspección, según la conversión de
 modos en la cara posterior o en el
 defecto en la pieza



Transductor único con un reflejo



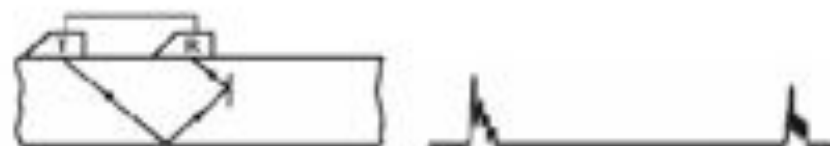
Transductor único con doble reflejo



Transductor único con múltiples reflejos

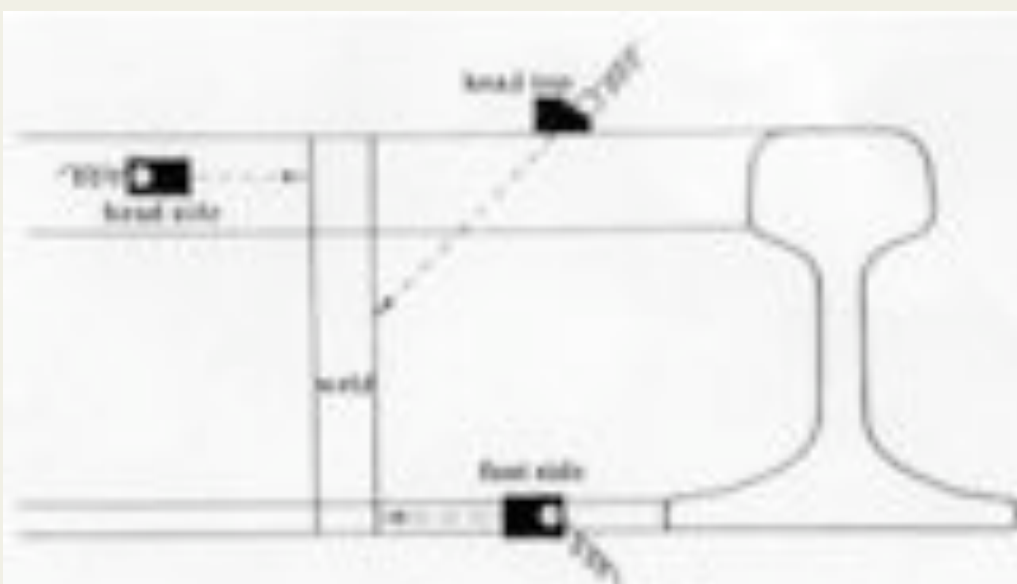


Tándem de transductores

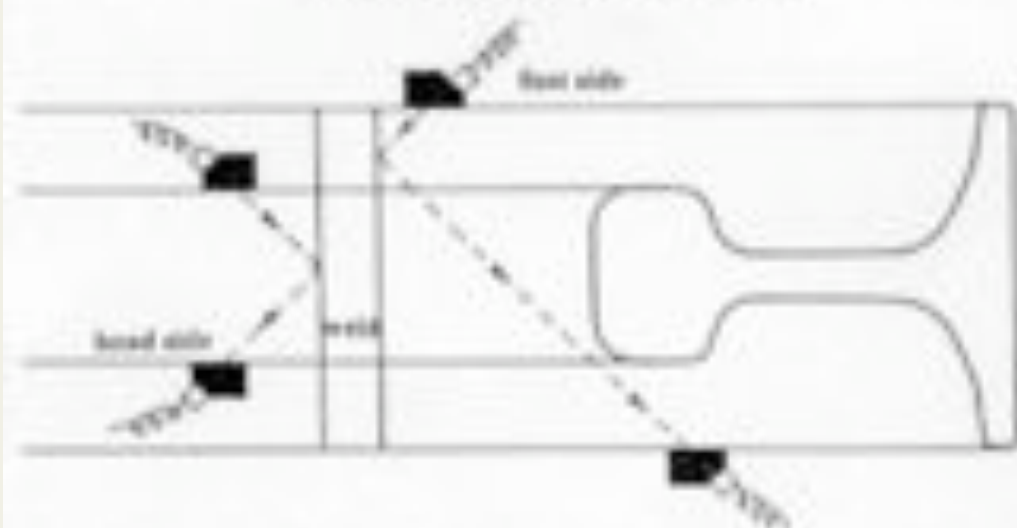


Tándem de transductores

Ejemplo de técnica de contacto angular, y el efecto de diferentes ángulos en la detección de grietas normales a la superficie de la pieza inspeccionada

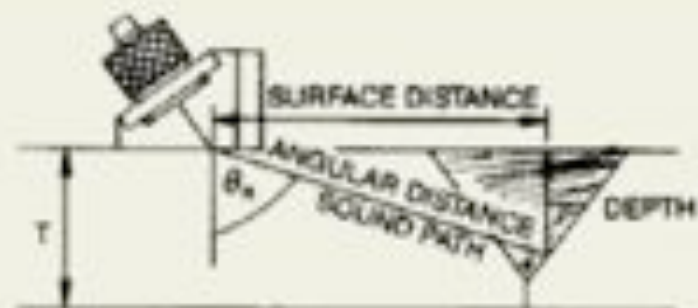


(a) Single probe technique



(b) Double probe technique

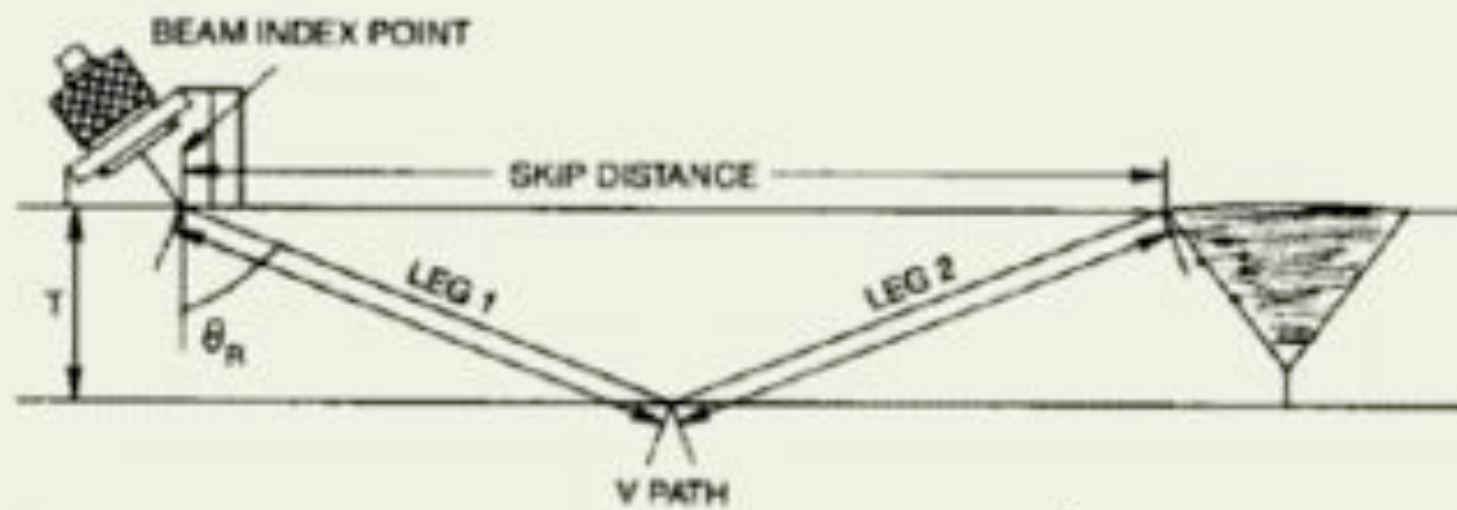
Fig.6 Inspection method according to "NDI Procedure of Continuous Welded Rail"



$$\text{Surface Distance} = \sin \theta_R \times \text{Sound Path}$$

$$\text{Depth (1st Leg)} = \cos \theta_R \times \text{Sound Path}$$

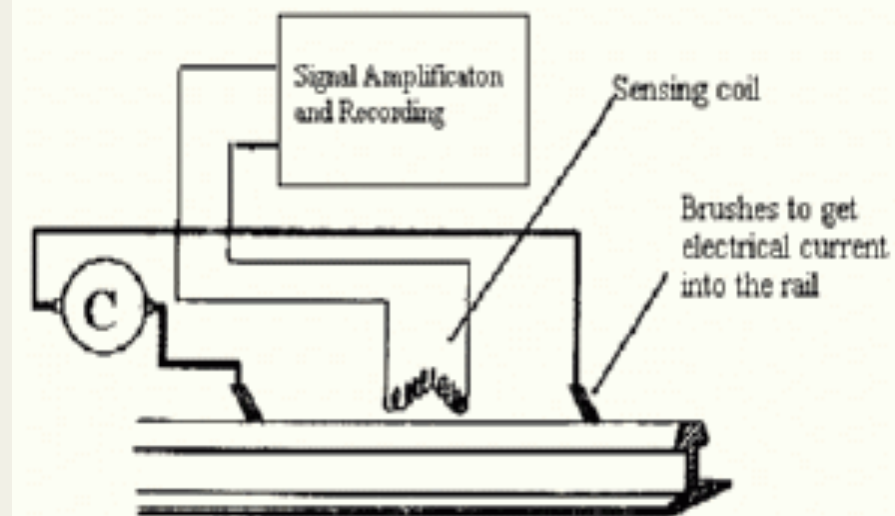
$$\text{Depth (2nd Leg)} = 2T - [\cos \theta_R \times \text{Sound Path}]$$





Features:

- SIRUS + GS45 / SIRUS + GS50.
- One side of rail can be checked continuously in plain track: detection of kidney shaped defects and longitudinal flaws over the whole height of the rail Track welds.
- Portable and easy-to-install gauge.



The PV6 could be fitted with **Ultrasonic Rail Flaw Detection Equipment** to detect cracks in the rail. These are not always visible from outside the rail.



SPERRY
RAIL SERVICE



Trucks track troubles deep inside rails

Against laws, new detection policy says heat defects invisible to the naked eye



Truck engine trouble isn't the only problem along the U.S. Coast. The Sperry Rail Service's new high bridge monitoring system is a big step in the right direction.

operator's desk is in the back of the truck. Facing away from him are two large electronic cameras that point out onto the track ahead. The cameras monitor the track's condition, looking for heat defects, cracks, and other problems. The operator's position is in the front of the truck, looking out onto the track.

The monitor on the right operator's left displays more data in the form of a graph. This is the track's temperature. The operator on the right has a view of the track's condition, looking for heat defects, cracks, and other problems. The operator's position is in the front of the truck, looking out onto the track.

ON THE ROAD

Across the country, Sperry Rail Service is working on a project to improve the track's condition. The project is called the "Track Health Monitoring System." It is a new system that will help the operator see the track's condition from the cab of the truck. The system will use cameras and sensors to monitor the track's condition. The operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck.

As the train goes, the operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck. The system will use cameras and sensors to monitor the track's condition. The operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck.

the operator's desk is in the back of the truck. Facing away from him are two large electronic cameras that point out onto the track ahead. The cameras monitor the track's condition, looking for heat defects, cracks, and other problems. The operator's position is in the front of the truck, looking out onto the track.

The operator on the right operator's left displays more data in the form of a graph. This is the track's temperature. The operator on the right has a view of the track's condition, looking for heat defects, cracks, and other problems. The operator's position is in the front of the truck, looking out onto the track.

The monitor on the right operator's left displays more data in the form of a graph. This is the track's temperature. The operator on the right has a view of the track's condition, looking for heat defects, cracks, and other problems. The operator's position is in the front of the truck, looking out onto the track.

As the train goes, the operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck. The system will use cameras and sensors to monitor the track's condition. The operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck.

As the train goes, the operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck. The system will use cameras and sensors to monitor the track's condition. The operator will be able to see the track's condition from the cab of the truck.



Sperry St. Louis-EMC, 1928, Denver CO
1940 #128
Otto Perry



SRS St. Louis-EMC #129, Marathon CN CAN
2003, 1st 1925 end V29
Chris Wilson



SRS St. Louis-EMC, 1925 #129
Tim O'Connor



SRS St. Louis-EMC front #129
Tim O'Connor



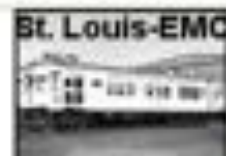
SRS St. Louis-EMC, 1925 #130
Jan Olek



SRS Sensor #130
Jan Olek



SRS St. Louis-EMC, 1925 #130
Jan Olek



SRS St. Louis-EMC #130, Danville, 1
1971, 1st 1925
Ken Houghton



SRS front #131
CKantron Miller



SRS rear #131, Kamloops BC 1953
Phil Scoring



SRS Inspection, front #131
Rob Rodman



SRS Inspection, front #131
Rob Rodman



SRS Inspection #131, Golden, BC
Dale Gloor



SRS Inspection street #131
Rob Rodman



SRS 60 St. Louis-EMC, 1925 #132
Michael Brandt



SRS St. Louis-EMC rear #132
Kent Ashton



SRS St. Louis-EMC #132
Red Lemm



SRS 60 St. Louis-EMC #132, 1st 1925
CDennis Schmitt



SRS SRS St. Louis-EMC, 1928 #134
Dick Leinhardt



SRS St. Louis-EMC rear #134, Halifax N
1st 1928
Clayton Lonsdale



Copyright 2001 Jeff Horstman
www.trainweb.org/cnorp



Hand-pushed trolley for ultrasonic rail inspection



Features:

- 1 or 2 strings of rail can be checked continuously and defects can be displayed, recorded and processed on a PC.

Self-propelled trolley for ultrasonic rail inspection



Features:

- 1 or 2 strings of rail can be checked continuously and defects can be displayed, recorded and processed on a PC.
- The ultrasonic system is modular and tailored for inspecting the rails and according to the chosen probes.



Fig 9a: Roller-guided transducer carriage for holding two transducers.



Fig 9b: Roller-guided transducer carriage built-in to the rail inspection train



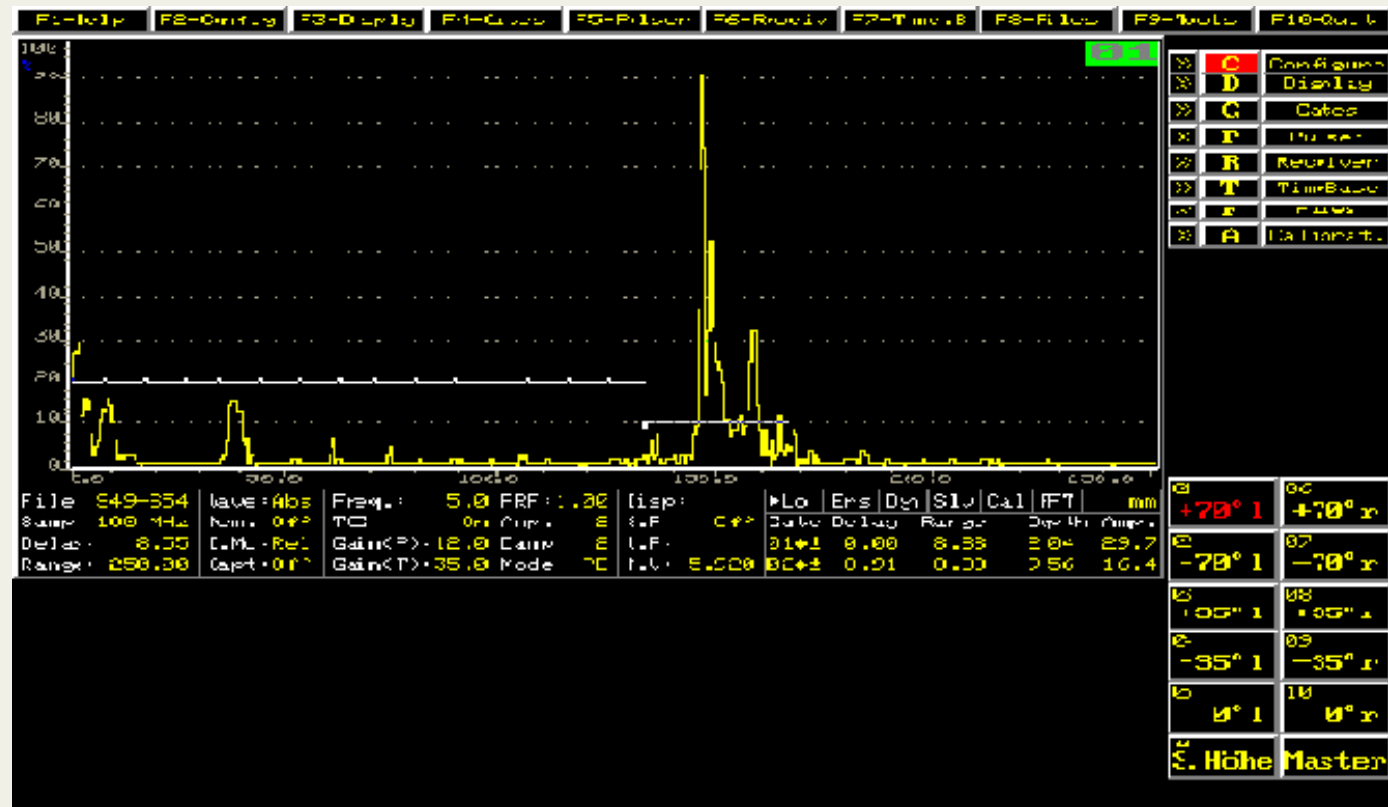
Fig 10a: Using the original manual inspection trolley.



Fig 10b: Guiding the manual inspection trolley along the rails.

Formatos para la presentación de datos

Las señales de ultrasonido pueden desplegarse en varios barridos (scans), o formatos que ofrecen alternativas para la interpretación de los resultados. Existen tres tipos de barridos (scans), o formatos para la presentación de resultados: A-Scan, B-Scan y C-Scan.



Barrido A-SCAN

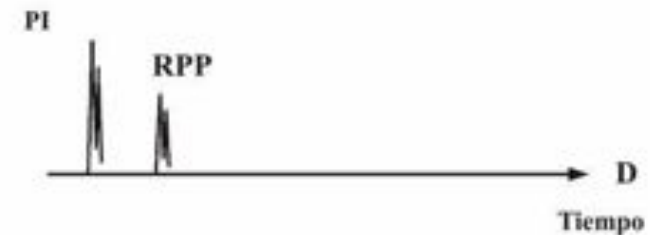
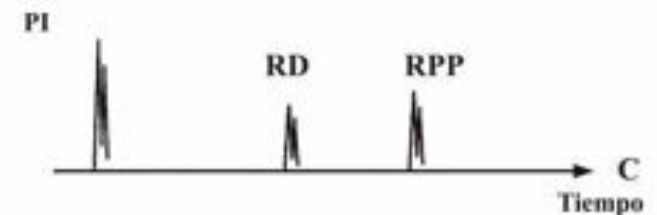
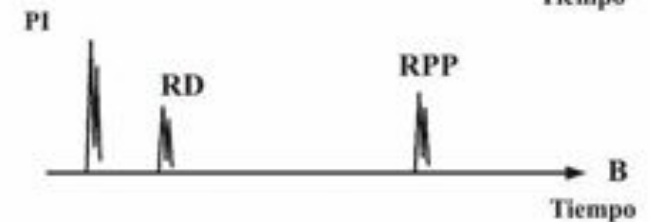
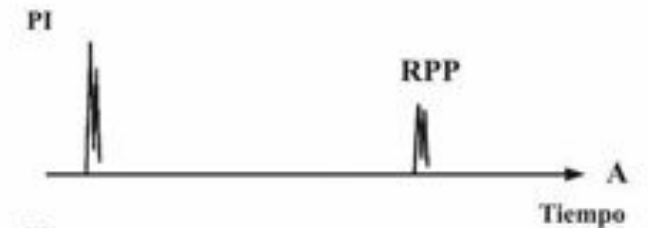
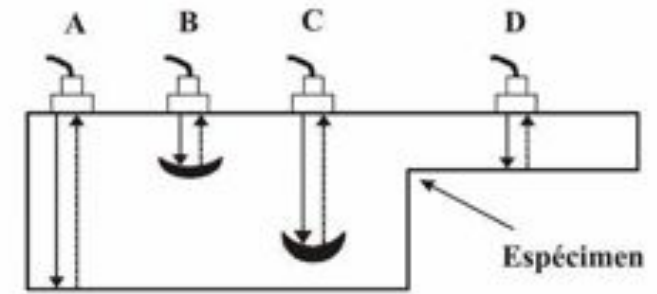
Es el formato más utilizado y consiste en la presentación de la señal de ultrasonido que se recibe, como una función del tiempo

Con el formato A-SCAN un defecto se localiza por el reflejo de la onda sonora en el eje del tiempo.

En la figura (caso D), se nota que cuando el defecto es suficientemente grande, el reflejo de la onda sonora es completo y se pierde la referencia del reflejo en la cara posterior.

En este tipo de formato, el tamaño del defecto se estima en función de la amplitud del eco reflejado.

**Respuestas típicas (Scan-A)
para diferentes posiciones.**



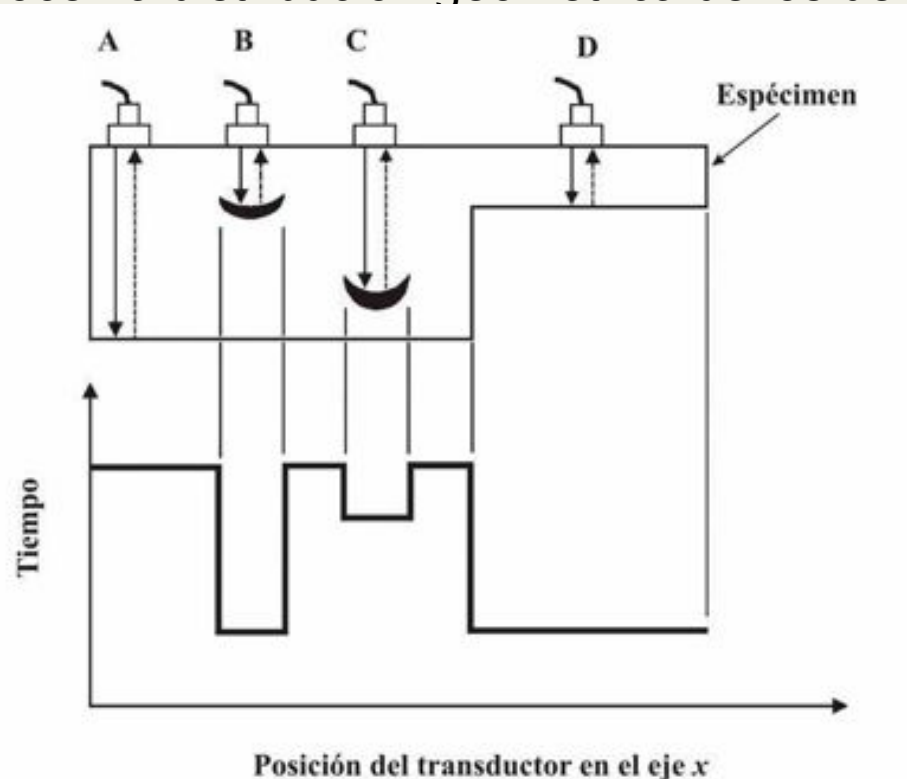
PI = pulso inicial
RD = reflejo por el defecto
RPP = reflejo en parte posterior

Barrido B-SCAN

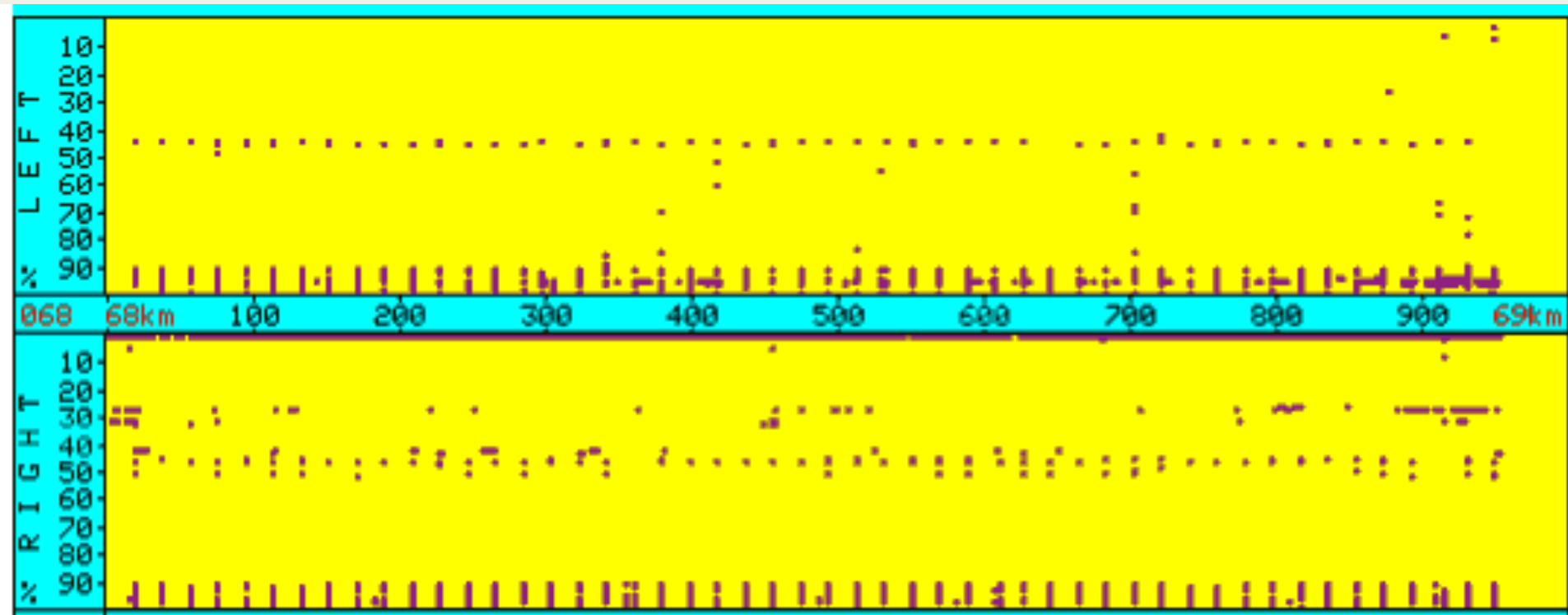
Permite un formato de presentación en el cual se sincroniza el tiempo de retorno de la señal con la posición geométrica del transductor en un eje determinado.

En este caso, se grafica el tiempo de reflexión como función de la posición; por tanto, permite localizar un defecto por su profundidad respecto al espesor de la pieza..

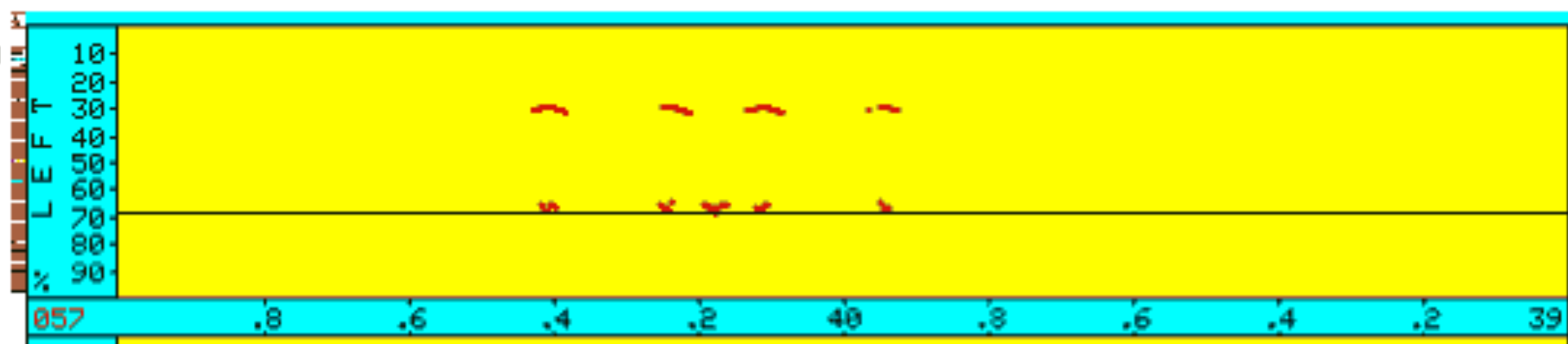
El Barrido-B equivale a un corte transversal de la pieza en el cual se muestra el perfil del espesor entre las superficies frontal y posterior, y los defectos se manifiestan como cambios en dicho perfil. La principal ventaja radica en la facilidad para conocer la distribución geométrica de los defectos.

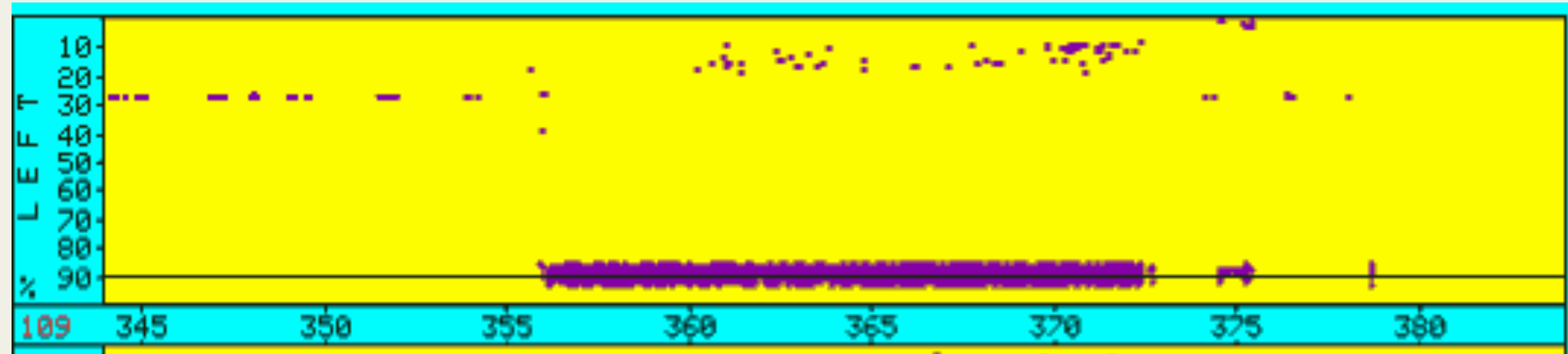
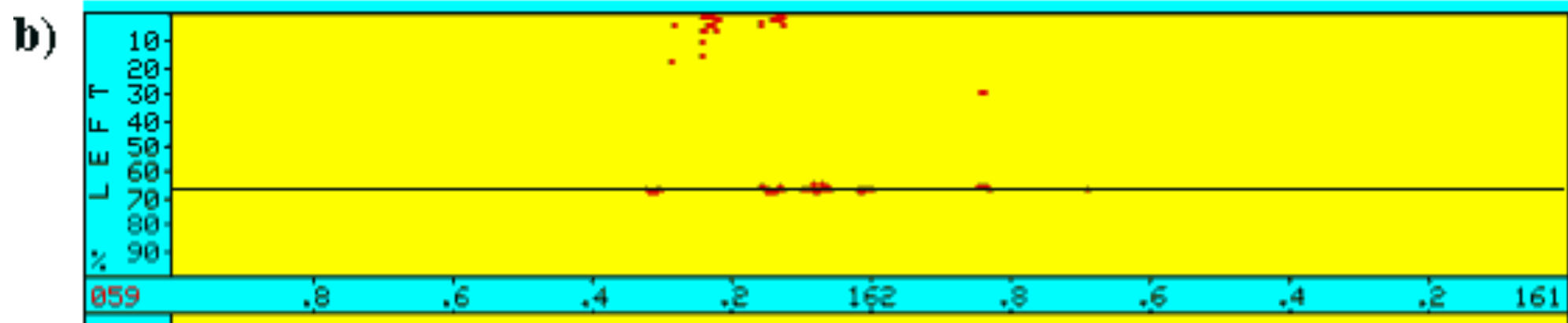
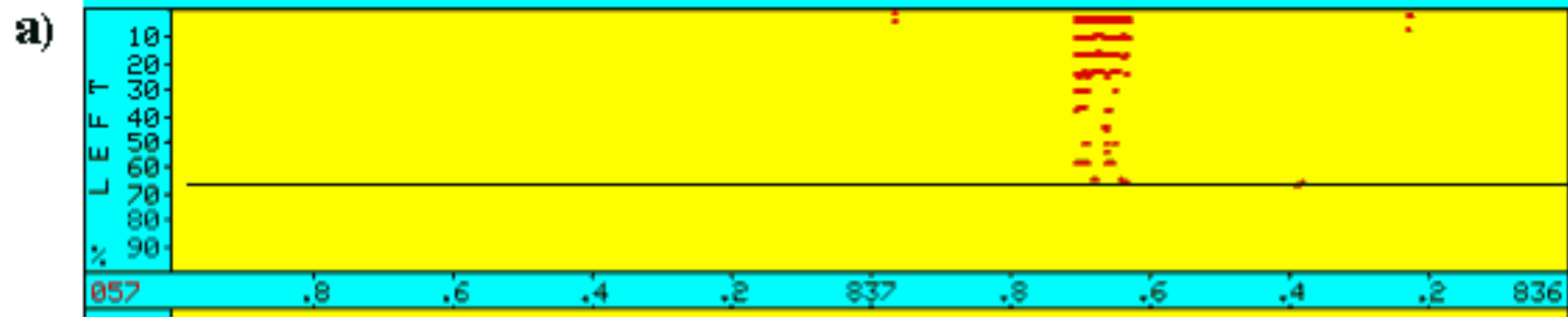


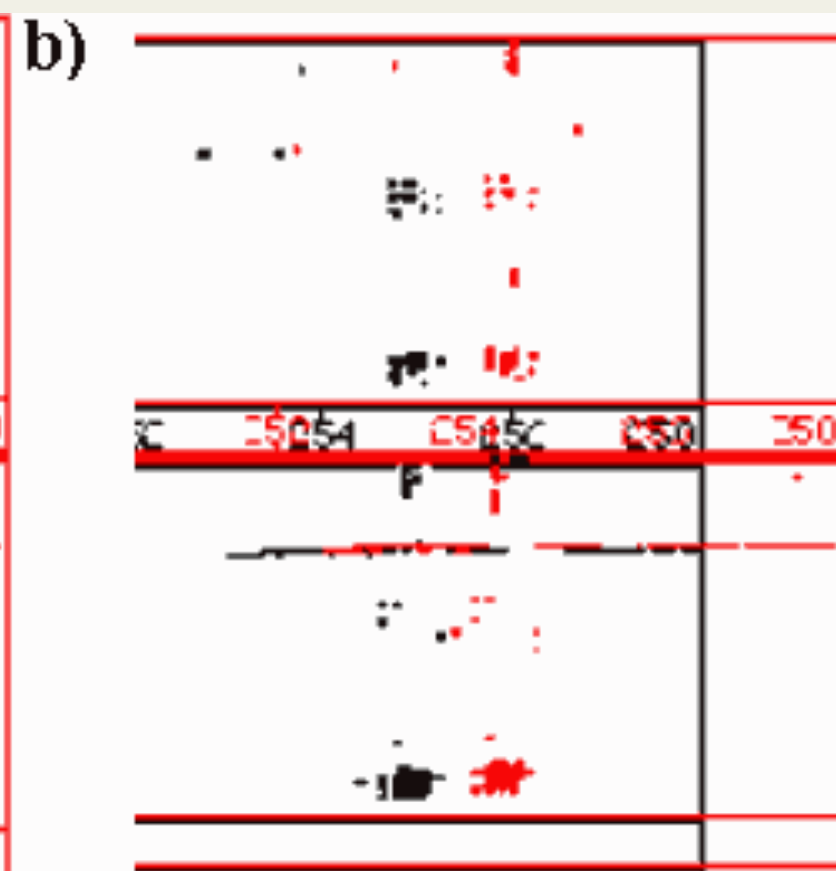
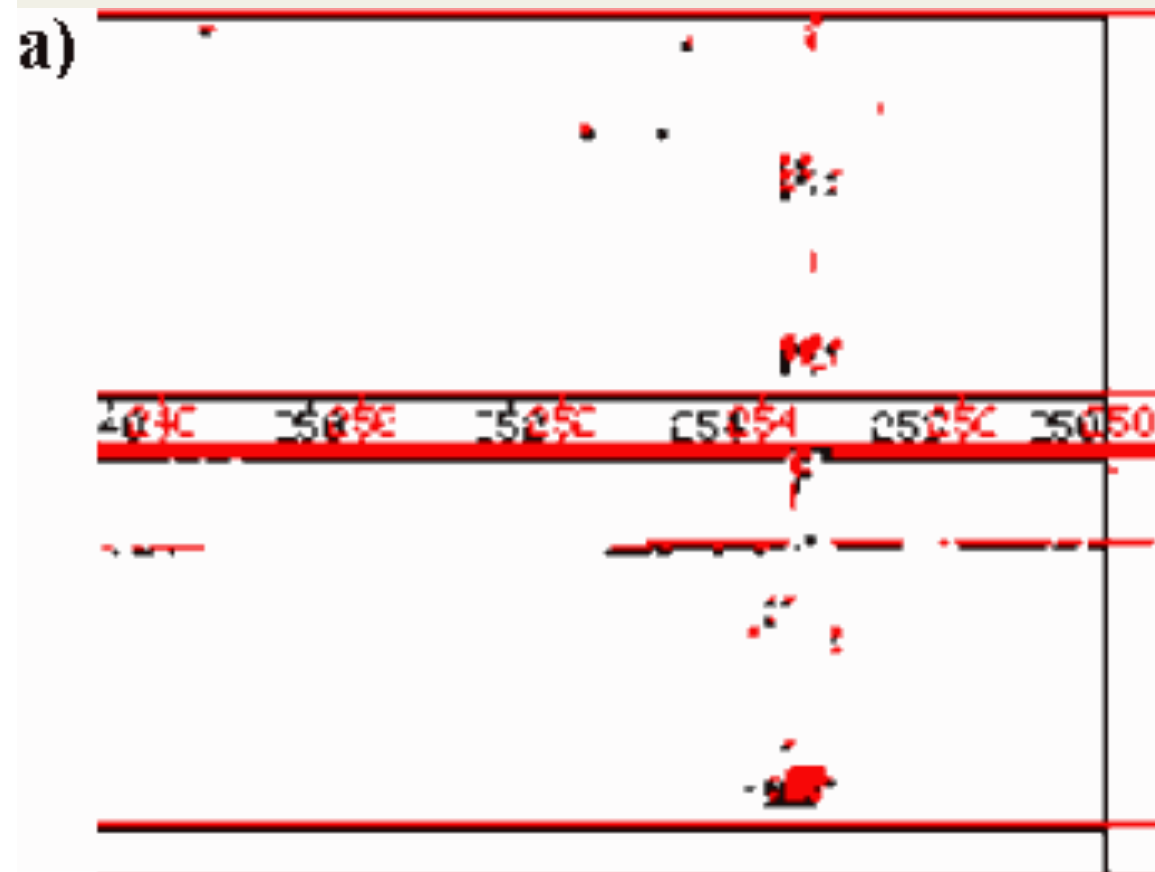
a)



b)







LFWBRW (low frequency wide band Rayleigh wave).



University of Warwick,

Los investigadores han utilizado pares de transductores acústicos electromagnéticos (ENMATS) para generar y detectar estos ultrasonidos sin tocar el raíl.

La onda Rayleigh viaja sobre la superficie del raíl, penetrando hasta una profundidad de varios milímetros.

Simultáneamente, se usa un amplio rango de frecuencias dentro de un único pulso de onda Rayleigh (de aquí su nombre), ya que diferentes frecuencias implican penetraciones a distintas profundidades.

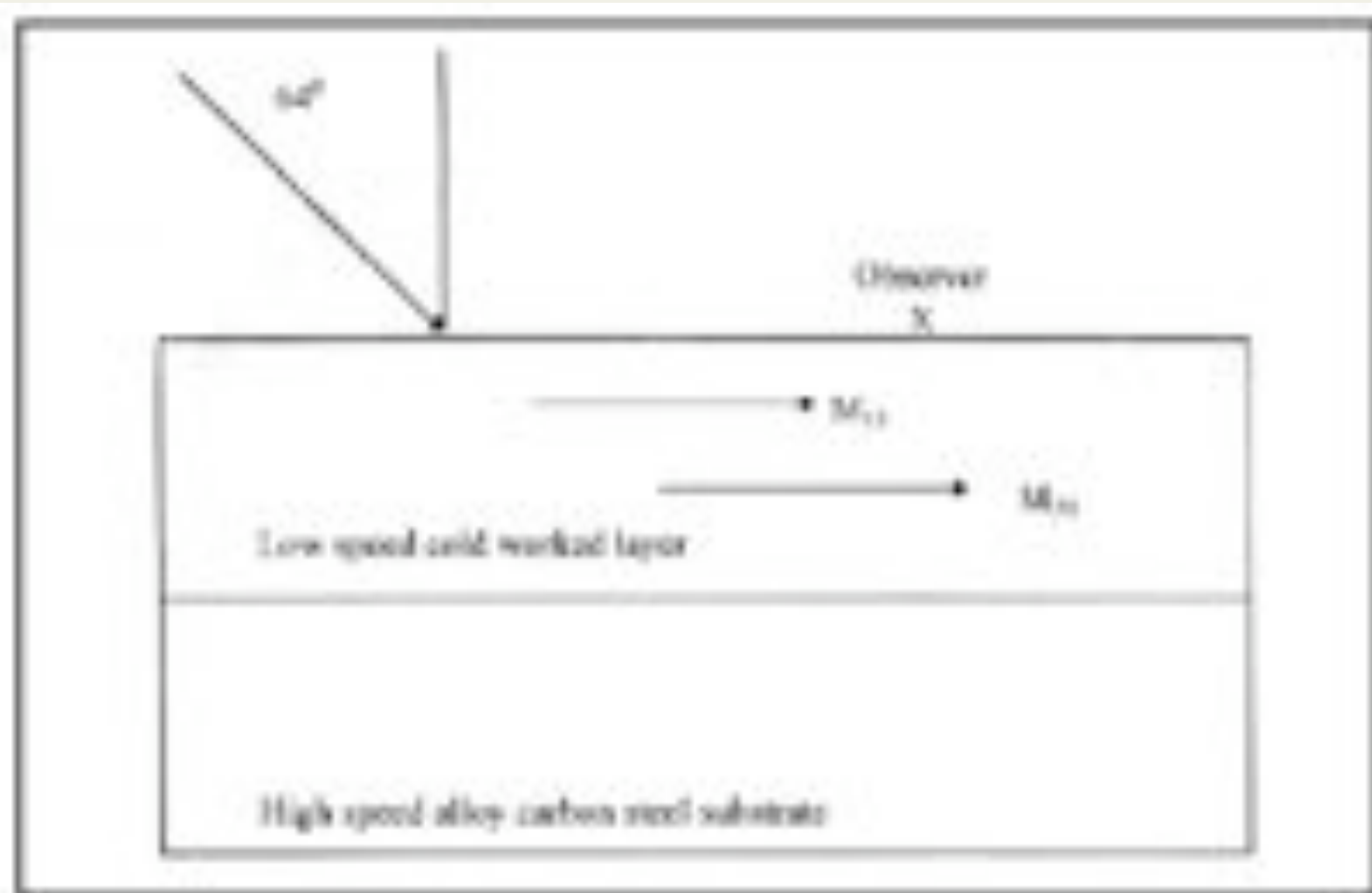
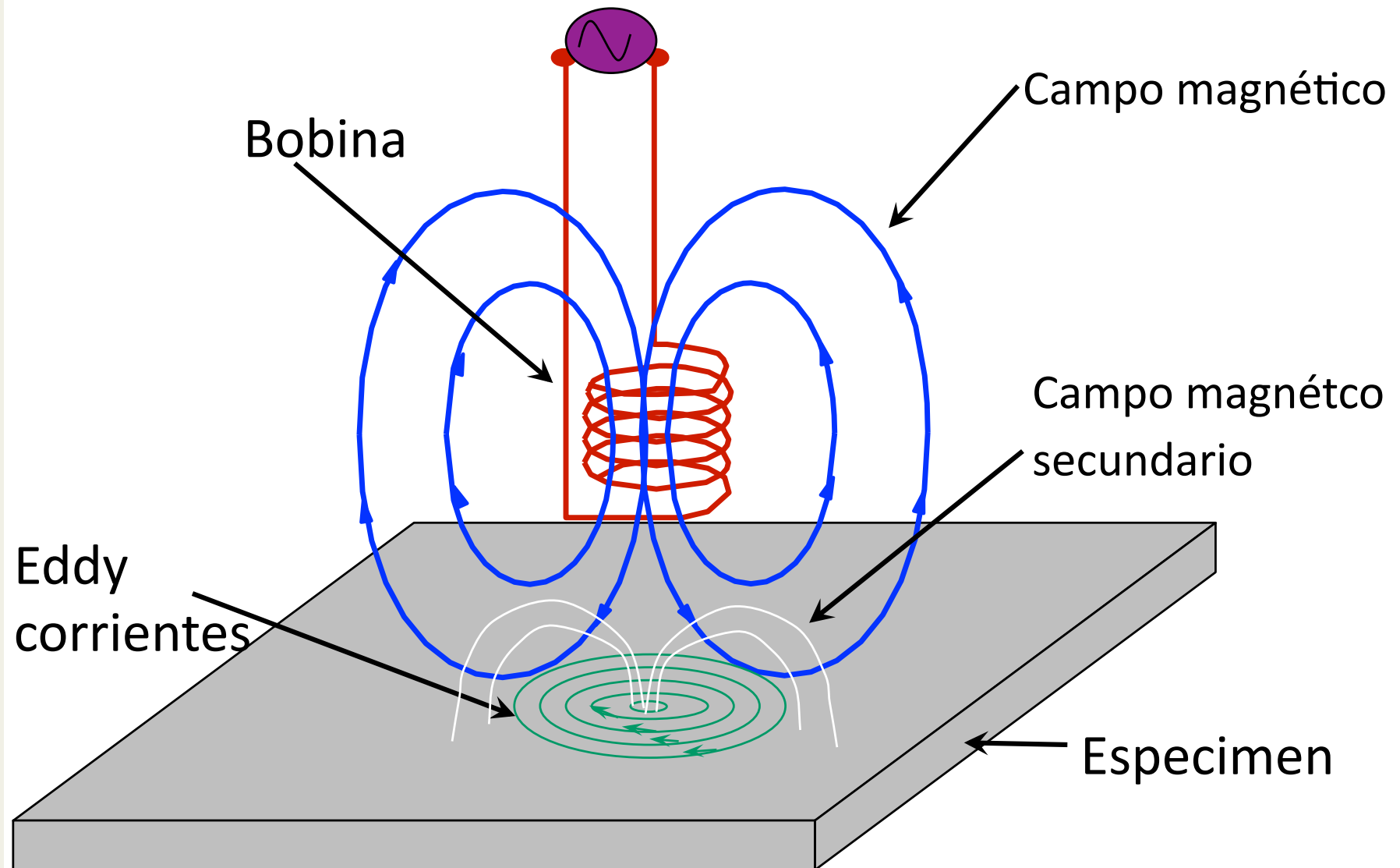


Figure 1 - Two modes of the Rayleigh wave in layered media.

Corrientes parásitas o Eddy

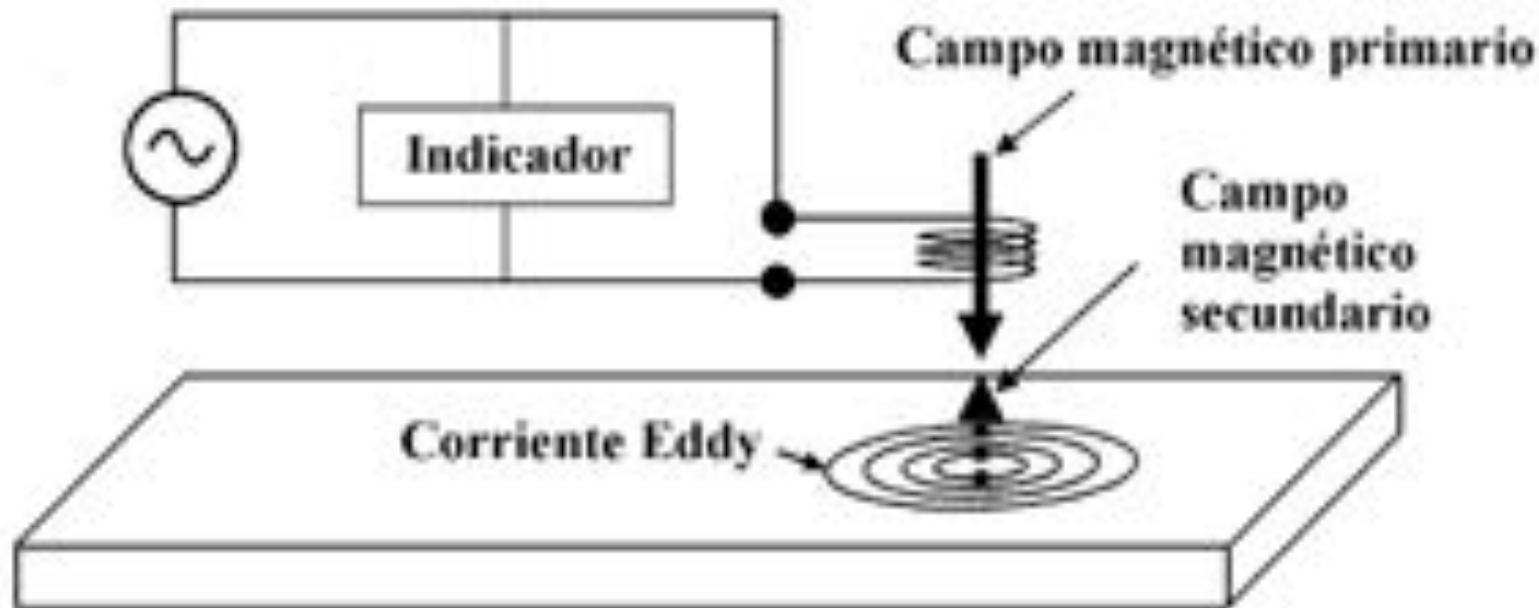


Corrientes parásitas o Eddy (ET)

Las técnicas de corrientes parásitas, o corrientes Eddy (ET), se utilizan en materiales conductores basándose en el análisis de las variaciones que las grietas, o defectos superficiales producen en un flujo de corrientes inducidas. Para inducir estas corrientes se utiliza una bobina externa con corriente alterna que genera un campo magnético variable. Como las corrientes inducidas (o parásitas) provocan un campo magnético secundario que tiende a contrarrestar el primero, las variaciones en las primeras se miden a través del campo magnético secundario, el cual se mide con una bobina que puede ser la misma que induce las corrientes u otra independiente.

Las corrientes inducidas, y por tanto, las inspecciones no destructivas basadas en este principio, dependen de varios factores que incluyen la conductividad del material, la permeabilidad magnética, la densidad del espécimen, los esfuerzos residuales, la microestructura, factores geométricos, el acoplamiento magnético, y los defectos o grietas. La sensibilidad a todos ellos hace que esta técnica se emplee en una gran cantidad de aplicaciones o problemas; sin embargo, siempre estará limitada a que el material sea conductor, y para identificar anomalías superficiales o muy cercanas a la superficie.

La corriente alterna conectada a una bobina induce una corriente eléctrica sobre la superficie del conductor que, en consecuencia, genera un campo magnético secundario opuesto al principal, e cual altera la impedancia de la bobina, modificando la corriente eléctrica que fluye por ésta, y cuya variación se mide con el indicador.



Representación esquemática de la técnica de inspección por corrientes parásitas, o Eddy

Aplicación de Eddy current en la detección de grietas de borde (gauge corner)

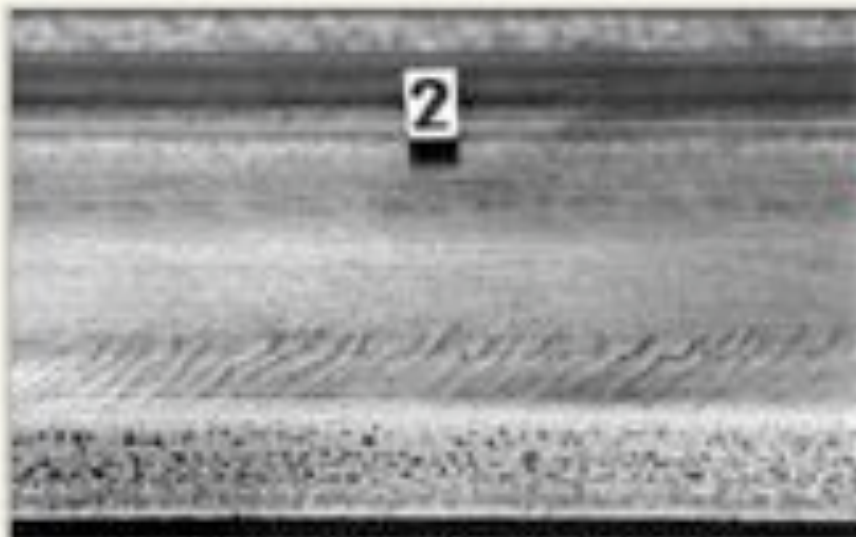
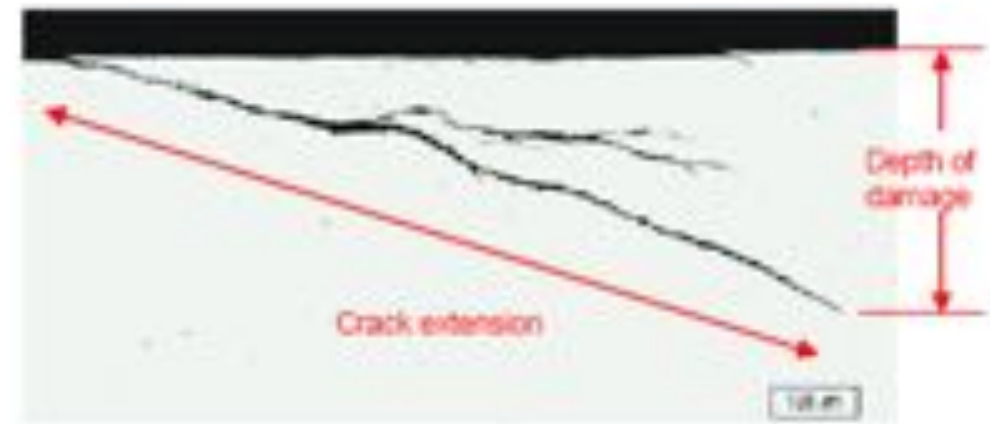
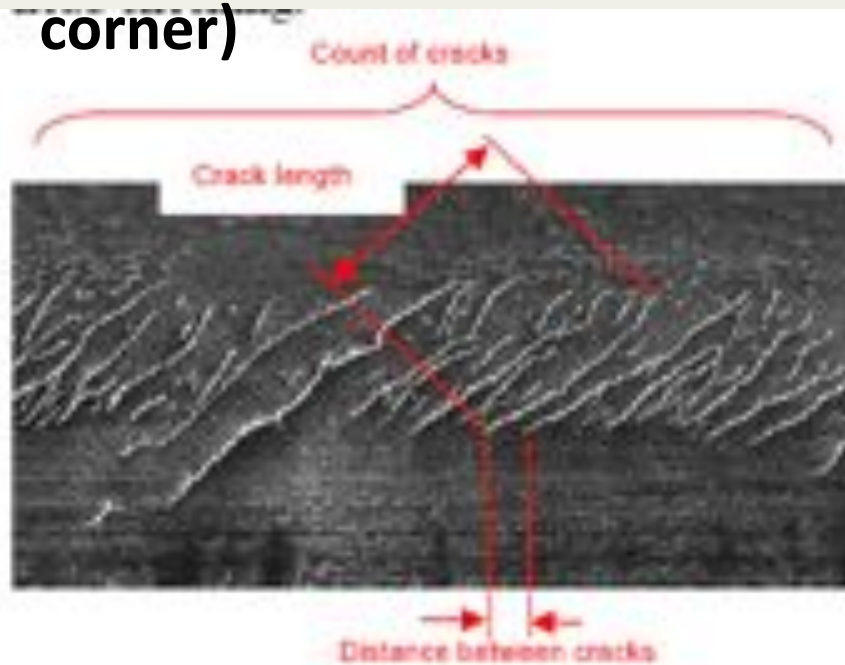


Fig 1: Head checks on the gauge corner of a rail.

ad check cracks



Fig 3: Shelling caused by head checks.

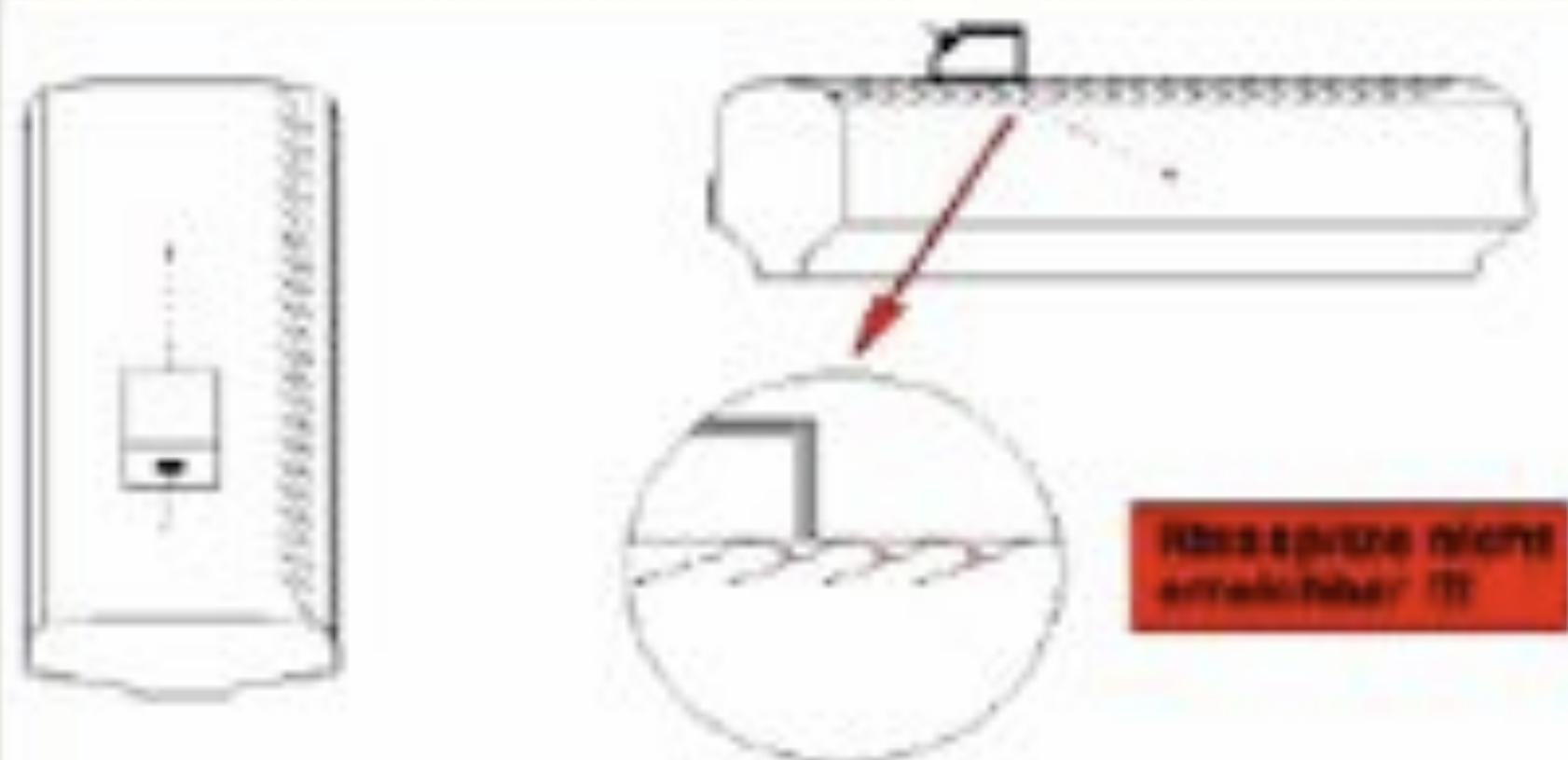


Fig 4: The problem of attempting to detect the tip of a crack using ultrasonic means.



Figure 2: Grinding

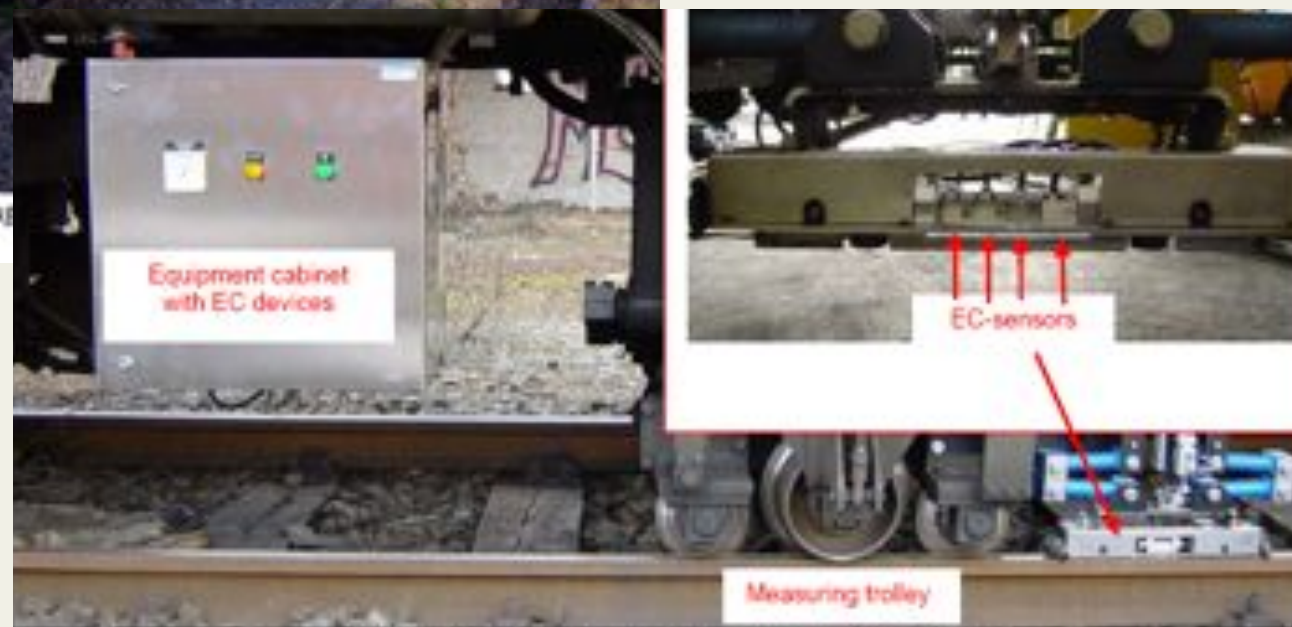


Figure 3: Measuring system under the grinding train

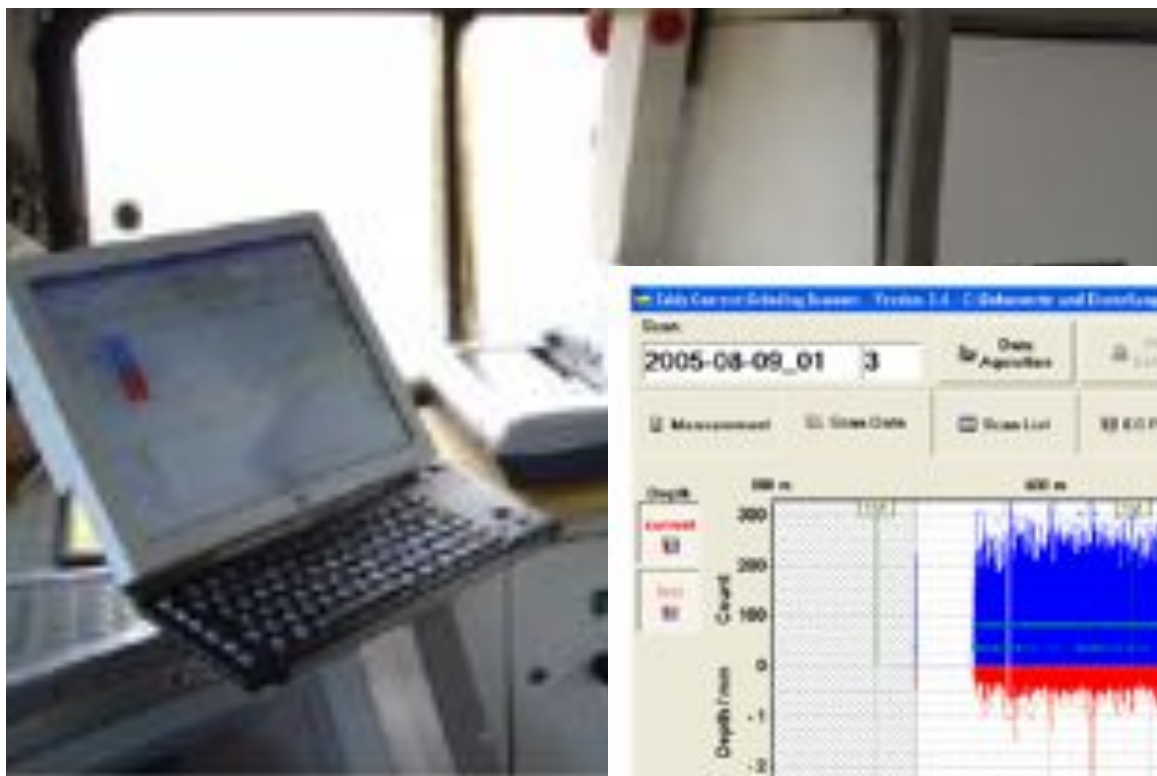


Figure 4: Equipment in the

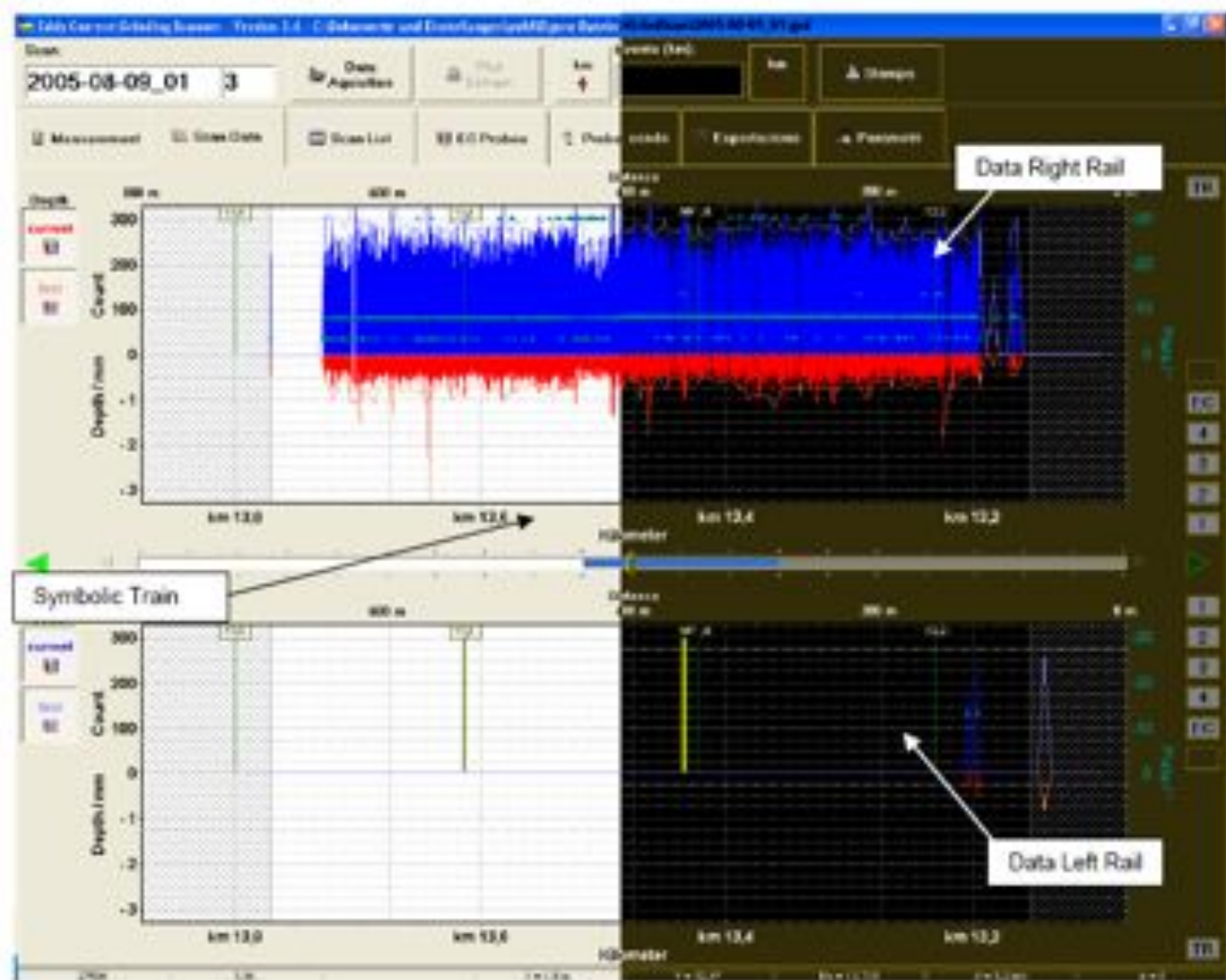


Figure 5: Scan Data page

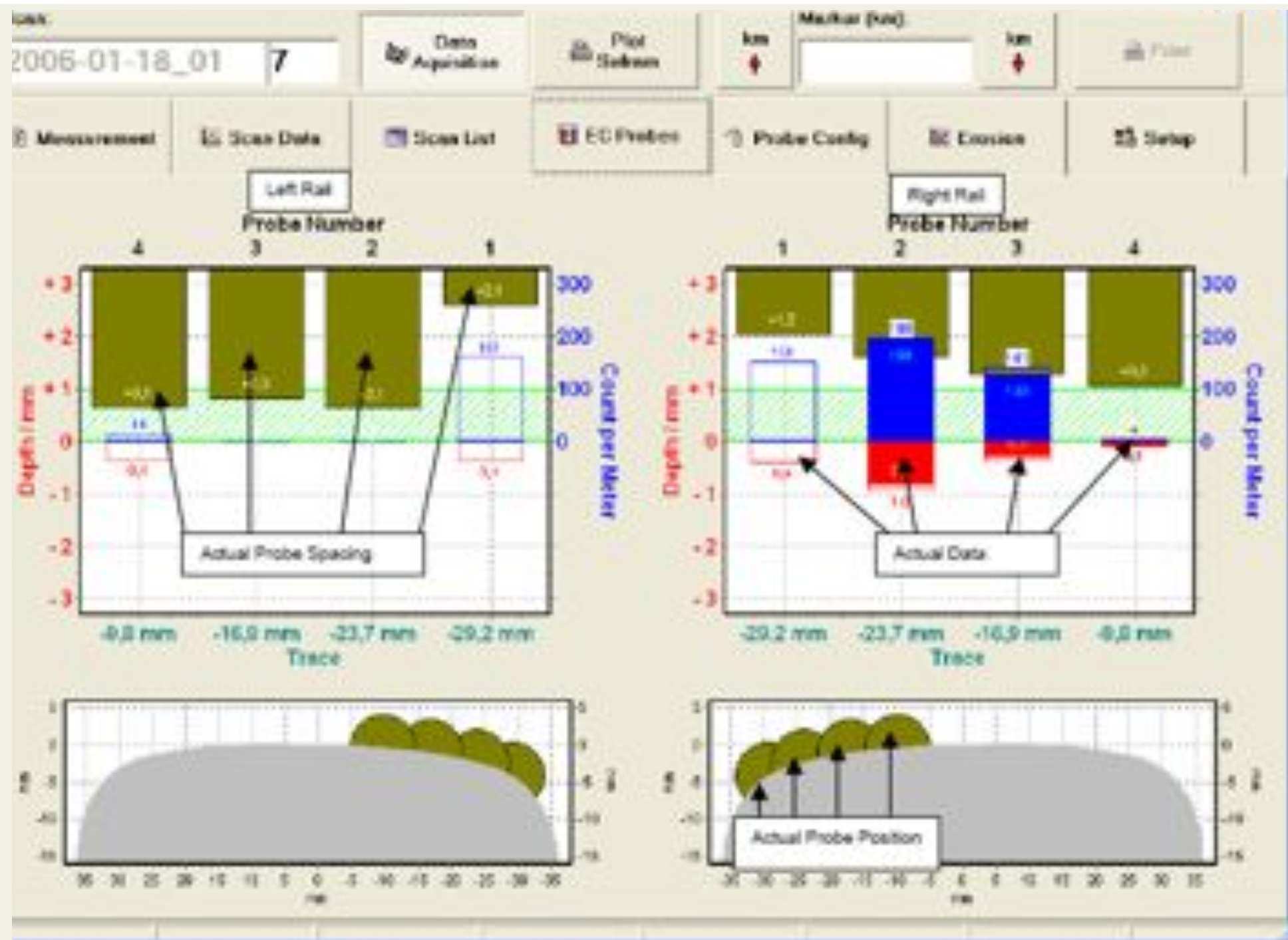


Figure 6: EC Probes page

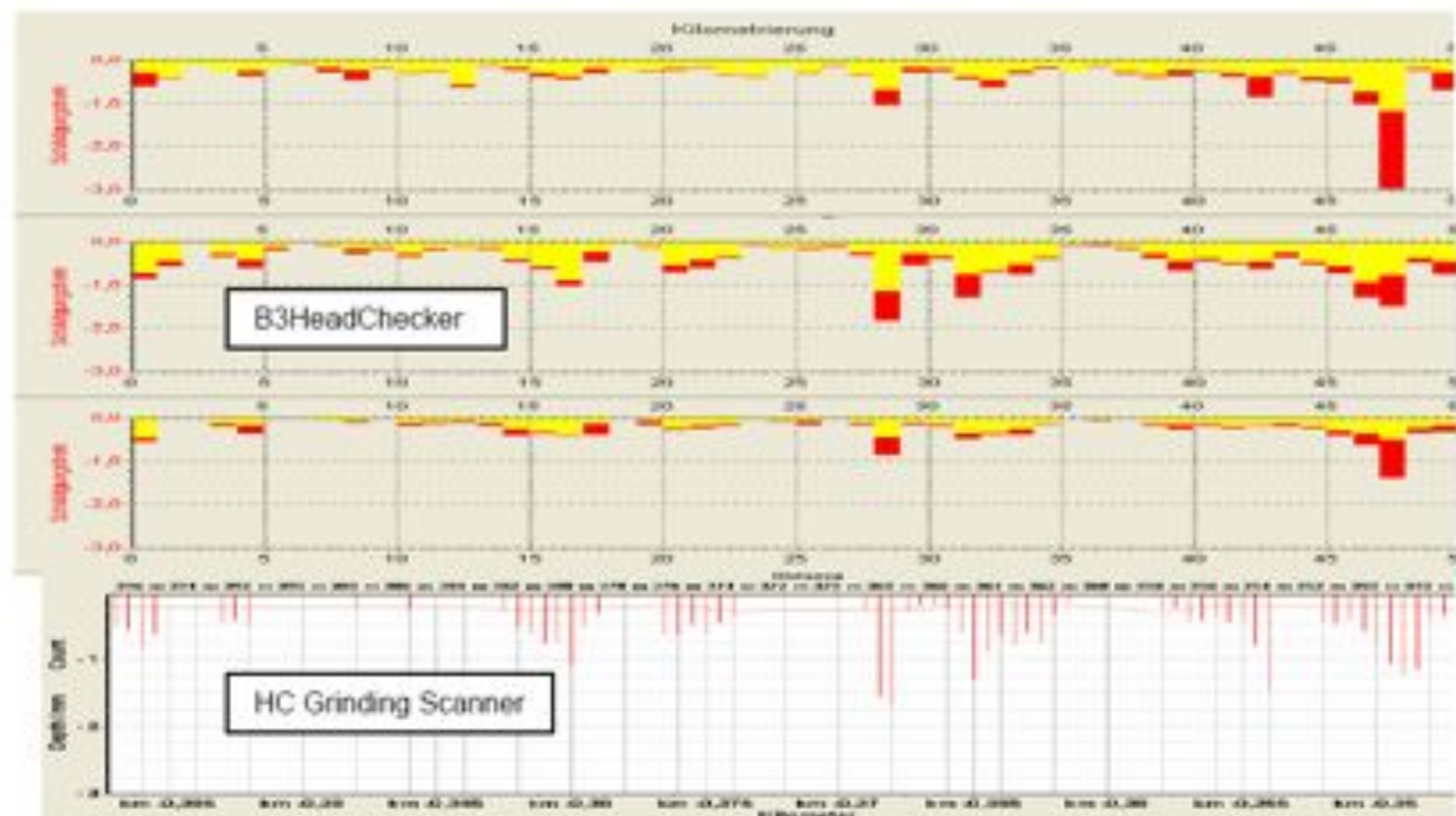


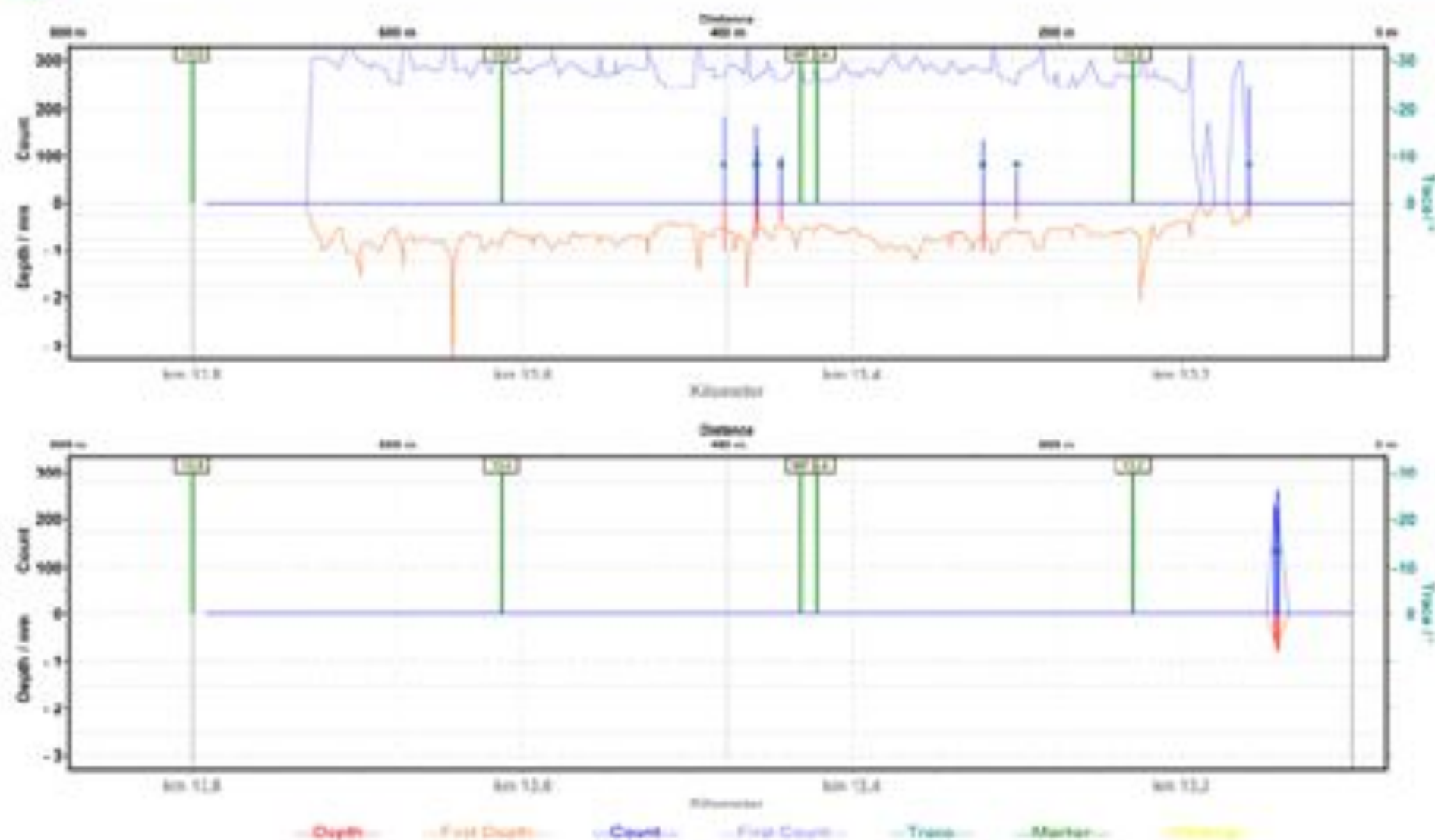
Figure 8: comparison between the results of B3HeadChecker and HC Grinding Scanner



SPINCO INTERNATIONAL

Easy Current Density Quantifier - version 3.0

GMR 311000, 17.04.2005 15.10.11



Mündingen-Fürstetten, , Donauwörth, DB, UIC80, RfR 32 M-3, Linkskurve mit HeadChecks

date measured: 09.09.2005 20:10:41

final result

C:\gene\Dateien\mündingen\2005-09-09_01.ged

Principales referencias consultadas:

- Web de ndt-ed.org/ Rail inspection
- BNSF tests risk-based ultrasonic detection -RTS railway track and structures
- Comparative data analysis for optimal high-speed railways testing. S.Krug Israel Railways
- Ultrasonic testing of rails with vertical cracks – Numerical modeling and experimental results
- Movil inspection system for rail integrity assessment A. Chahbaas et al.
- Field gradient imaging technology. Applications and solutions for component and structural integrity for track and rolling stock for the rail industry
- Improved ultrasonic testing of railroad rail for transverse discontinuities in the rail head using higher order Rayleigh waves
- Eddy current detection of head checks on the gauge corners of rails: recent results. Krull et al.. Research and technology centre ,Kirchmöser, Germany.
- A new Eddy current instrument in a grinding train Pohl et al. Germany.
- Monitoring of thermal stresses in continuously welded rails with ultrasonic technique. Szelazek . Polonia
- Elastic wave analysis for broken rail detection Rose. Pennsylvania USA
- Combined NDT for system assurance in railway construction: impact echo, ultrasonic and radar techniques. Colla et al. Berlin

Ventajas y desventajas del ultrasonido

A continuación se enlistan las principales ventajas y desventajas que tiene la inspección no destructiva por ultrasonido.

Ventajas

- + Se puede obtener información detallada de los defectos (tamaño, orientación y localización)
- + Existe amplia variedad de técnicas para obtener y presentar los resultados que se puedan adecuar a una aplicación particular
- + El método es portátil, y se puede utilizar en campo
- + Los resultados se obtienen en tiempo real, y ser almacenados por medios electrónicos
- + Permite la automatización de inspecciones rutinarias
- + Son inspecciones de bajo costo
- + El ultrasonido tiene muy alta sensibilidad para detectar defectos relativamente pequeños
- + Únicamente se necesita tener acceso a una superficie de la pieza
- + Requiere poca preparación previa a la inspección, aunque la superficie debe estar limpia

Desventajas

- Se requiere un material acoplador entre el transductor y la pieza
- Las inspecciones son muy sensibles a la dirección del haz de ultrasonido con la orientación del defecto
- Las grietas muy cerradas pueden ser difíciles de detectar
- El inspector debe contar con un nivel de entrenamiento y capacitación relativamente alto para manejar el equipo, e interpretar los resultados
- Aunque se puede obtener una imagen del defecto, la técnica para ello es sumamente compleja