

# TÉCNICAS EXPERIMENTALES DE ULTRASONIDO

## Laboratorio 1

### Medidas de Tiempo de Vuelo y Atenuación

#### 1 Objetivo del laboratorio

Familiarizar al estudiante con los conceptos básicos de medidas monocanal de ultrasonido. Llamamos ultrasonido a la propagación de ondas mecánicas en un medio cuya frecuencia es superior al límite audible, típicamente 20 kHz.

El elemento que se usa para emitir y recibir señales de ultrasonido es llamado transductor. En nuestro caso los transductores son de un solo canal (monoelemento) y están formados por una cerámica piezoeléctrica, un elemento de retaguardia o *backing* y un elemento que lo acopla al medio que se quiere transmitir o *matching*.

Estos transductores se excitan con un pulso eléctrico corto lo que permite emitir una onda de corta duración. Típicamente dos o tres ciclos de la frecuencia fundamental del transductor.

Para realizar la emisión se utiliza un *pulser*, o elemento emisor-receptor. Este es un dispositivo electrónico que permite generar la señal eléctrica de excitación, así como amplificar la señal recibida y generar un voltaje de salida (*pulser* analógico) o una señal digital (*pulser* digital).

Cuando trabajamos con el pulsador analógico debemos digitalizar la salida para visualizarla. Esto se logra mediante un osciloscopio. Posteriormente los datos pueden transmitirse a un computador para su procesamiento.

Los pulsadores pueden trabajar en dos modos diferentes, el modo transmisión y el modo pulso-eco. En el modo transmisión tenemos dos canales, uno de emisión y uno de recepción, se encuentra un transductor conectado a cada uno de ellos.

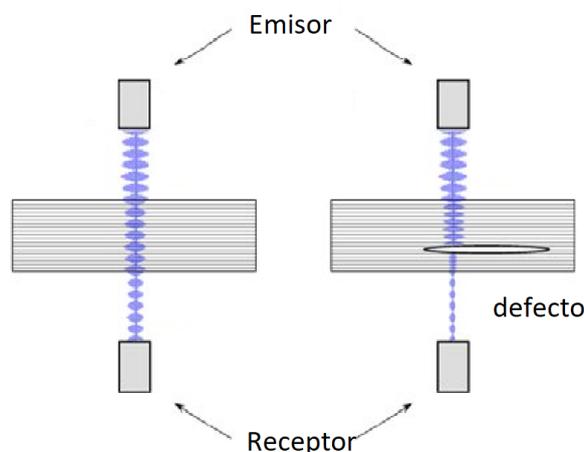


Figura 1. Configuración de emisión recepción. En la izquierda se vería la propagación en un material sin defecto, mientras que en la derecha tenemos un defecto atenuante.

La otra configuración normalmente utilizada es la de pulso-eco. Aquí se emite y recibe en el mismo transductor. Es lo que típicamente hace una ecografía, solo que en este caso se utiliza un único emisor.

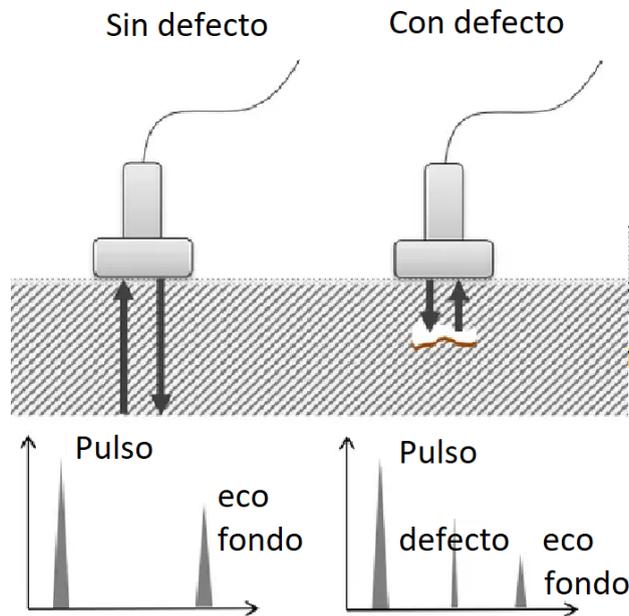


Figura 2. Configuración de pulso-eco. En la izquierda se vería la propagación en un material sin defecto, mientras que en la derecha tenemos un defecto atenuante.

En este laboratorio veremos cuatro ensayos diferentes:

- a) Determinación de la respuesta acusto eléctrica de un transductor  
Este ensayo consiste en la adquisición de la señal de pulso-eco de un transductor contra un reflector plano. Se analiza la señal en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.
- b) Determinación del espesor de una placa metálica.  
Esta determinación se realiza utilizando pulso-eco y transmisión. Se discuten las ventajas y desventajas de ambos métodos.
- c) Detección de un defecto interior en un metal.  
Se realizará un barrido con un transductor para la detección de un defecto interno de un metal.
- d) Atenuación en un líquido.  
Se utilizarán dos líquidos miscibles (leche y agua) y se evaluará la atenuación introducida por el líquido. Se discute el efecto de la temperatura.

## 2 Descripción de los equipos a utilizar

En este primer laboratorio utilizamos 3 tipos de “instrumentos”, el *pulser*, los transductores y el osciloscopio para adquirir la señal. La manipulación se verá durante el laboratorio.

### a) Pulsador de Ultrasonido Olympus 5077 PR

El pulsador emite un pulso estrecho de voltaje de amplitud mayor a 100 V que permite excitar los transductores de US.

En sus comandos podemos elegir:

- **PRF** (Pulse Repetition Frequency), permite elegir el número de pulsos por segundo que emite el pulsador.
- **PULSER VOLTAGE**, es el pico de voltaje emitido por el pulsador.
- **TRANSDUCER FREQUENCY**, es la frecuencia central del transductor de emisión, en la práctica ajusta el ancho temporal del pulso emitido.
- **GAIN**, ganancia en la recepción en dB. Es el factor por el cual es amplificada la señal recibida.
- **HPF** (High Pass Filter), el pulsador cuenta con un filtro pasa alto con frecuencia de corte 1 MHz. Este filtro puede colocarse o quitarse con una llave.
- **LPF** (Low Pass Filter), Conecta un filtro pasa bajos de frecuencia de corte 10 MHz

Presenta dos modos de funcionamiento:

- **T/R** o pulso-eco, se conecta un único transductor y se emite y recibe por el mismo canal.
- **T y R** separados, se conecta un transductor en cada canal y se recibe en el canal R.

La figura 3 muestra un diagrama frontal del equipo. En la parte posterior tenemos la señal analógica de salida y la señal de sincronismo para la visualización del pulso emitido.

Se adjunta el manual de operación.

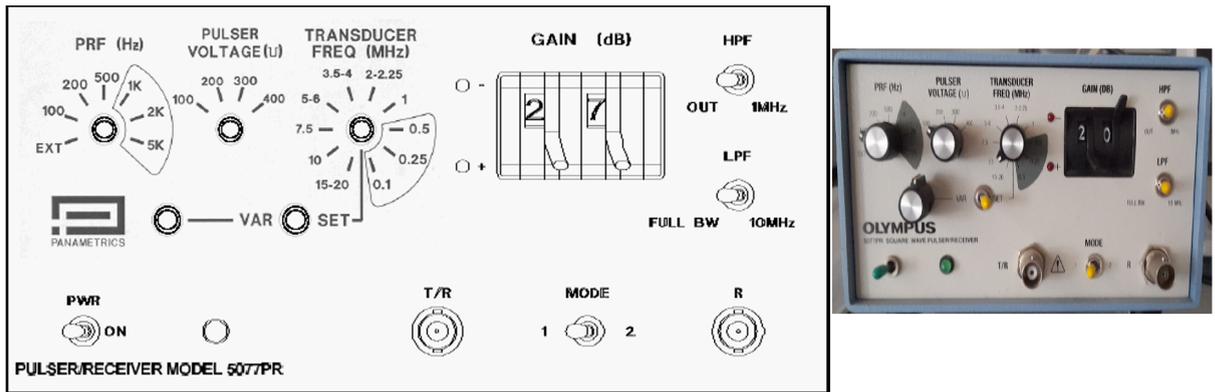


Figura 3. Vista frontal del pulsador Olympus 5077 PR

## b) Transductores de inmersión

Un transductor piezoeléctrico permite generar y recibir señales de ultrasonido. El transductor genera un pulso acústico cuando es excitado con un voltaje.

El elemento principal del transductor es una cerámica piezoeléctrica. La frecuencia central del transductor depende del espesor de la cerámica. Como primera aproximación podemos considerar que la velocidad de propagación del sonido en un material piezoeléctrico típico (PZT Lead Zirconate Titanate) es aproximadamente 4000 m/s.

La cerámica se comporta como un resonador con ambos extremos iguales, por lo que:

$$f = \frac{v}{2e}$$

Si el espesor es 2 mm la frecuencia central del transductor es de 1 MHz.

La frecuencia central es el parámetro más importante en la selección de un transductor de ultrasonido. La Figura 4 muestra la cartilla de calibración de un transductor típico.

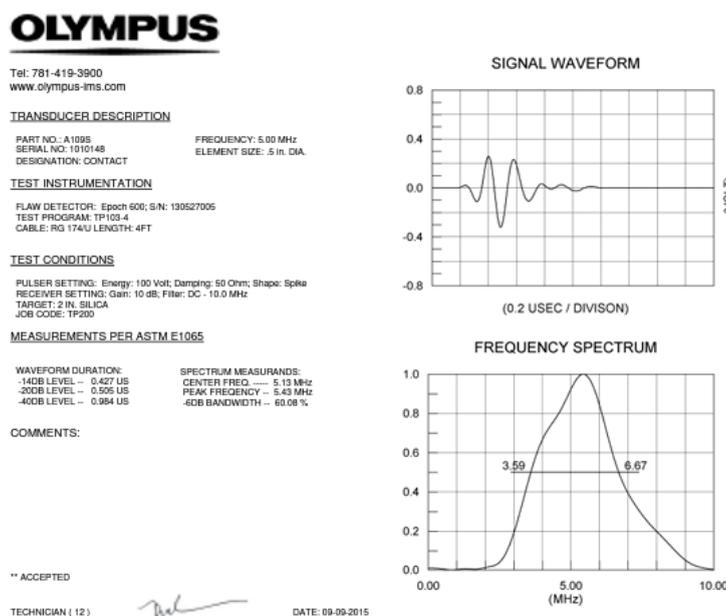


Figura 4. Hoja de datos transductor US Olympus.

Otros dos parámetros importantes son su diámetro de emisión y la distancia focal. El diámetro de emisión es el ocupado por la cerámica piezoeléctrica mientras que la distancia focal (donde hay una concentración de la energía en frente al transductor) cumple la relación:

$$df = \frac{D^2}{4\lambda}$$

El campo del transductor presenta dos regiones con diferente comportamiento, cerca del transductor (antes del foco) podemos considerar que avanzan ondas planas. Lejos del transductor (después del foco) la propagación es esférica. La figura 5 muestra este concepto

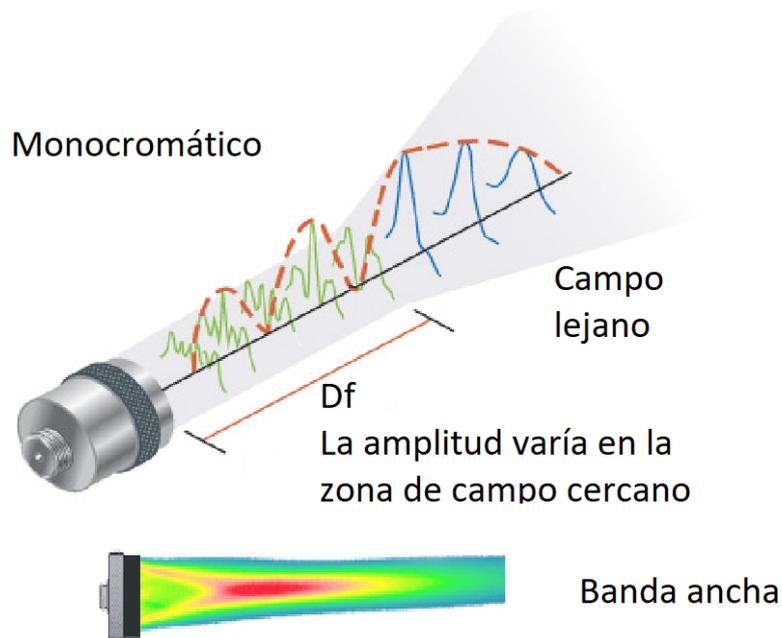


Figura 5. Zona de campo lejano y campo cercano de un transductor

### c) Osciloscopio Tektronix TBS1000

Para la visualización y digitalización de las señales utilizaremos un osciloscopio TSB 1000. Es un osciloscopio digital básico como los utilizados en los laboratorios de física y medidas eléctricas.

Es un osciloscopio de dos canales, con una entrada de trigger externo en el panel frontal.

El ancho de banda: 70 MHz.

Frecuencia de muestreo máxima en tiempo real: 1 GS/s

Máximo número de puntos: 20 K puntos.

La figura 6 muestra la vista frontal de los mandos del osciloscopio.



Figura 6. Vista de los mandos del osciloscopio.

El osciloscopio tiene tres mandos principales:

- Amplitud de canal, selecciona la escala en V/div para cada canal
- Base de tiempo, selecciona la escala temporal en s/div
- Trigger, selecciona el método de disparo

### 3 Setup experimental y manipulaciones

Cada ensayo tiene su propio setup experimental. Parte del objetivo del laboratorio es discutir con los estudiantes cómo realizar el montaje y ver las alternativas disponibles.

### 4 Adquisición y procesamiento de señales

Las adquisiciones serán realizadas utilizando el osciloscopio Tektronix TBS1000 y el software Matlab (Instrumentation Toolbox).

Los estudiantes podrán utilizar su propio laptop en caso de tener instalado el software necesario. Además del Matlab se necesita instalar uno de los siguientes programas de detección de instrumentos:

Keysight Connection Expert

NI-VISA

Luego de verificada la conexión, la función matlab `acq_tex.m` realiza la adquisición y visualización de la señal desplegada en el osciloscopio. Esta función será suministrada en el laboratorio.

### Referencias:

Olympus NDT, “*Tutorial sobre la detección de defectos por ultrasonido*”

Available Online:

<https://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/flaw-detection/>

Angel Veca, Ernesto Alcolti, “*Ultrasonido para Ingenieros y Estudiantes de Ingeniería*”, San Juan, 2016.

Available Online:

<http://dea.unsj.edu.ar/principal/wp-content/uploads/2019/12/Ultrasonido-y-Emisi%C3%B3n-Ac%C3%A1stica-para-Ingenieros-y-Estudiantes-de-Ingenier%C3%ADa.pdf>

Gordon Kino, “*Acoustic Waves: Devices, Imaging, and Analog Signal Processing*”, Prentice-Hall, 1987.