

## **Clase de laboratorio: ENSAYOS ACÚSTICOS DE PANTALLAS**

**Docentes:**

**Ing. Nilda Vechiatti**

**Dr. Ing. Pablo Gomez**

<b>Grupo N°</b>	
<b>Integrantes</b>	
<b>Nombres:</b>	<b>E-mail:</b>

---

## ACÚSTICA (66.67 – 86.57) - CLASE DE LABORATORIO

### ENSAYOS ACÚSTICOS DE PANTALLAS

#### INTRODUCCIÓN

En la Fig. 1 pueden apreciarse las trazas de los nuevos viaductos previstos para la Ciudad de Buenos Aires.

En el proyecto del viaducto del ramal Retiro-Tigre del tren Mitre, que atravesará los barrios de Palermo, Belgrano y Núñez, se tuvo en cuenta el impacto acústico y se incluyeron soluciones para mitigar los efectos adversos de este tipo de contaminación.

Para reducir los ruidos, por un lado actuaron en “la fuente”, al construir las nuevas vías con durmientes de hormigón y riel largo soldado, evitando así ese ruido característico “trac-trac” que se genera cuando las ruedas del tren chocan contra las separaciones de los rieles en los tendidos tradicionales. Además, al estar en elevación, no hay pasos a nivel en los que se produzca el encuentro con transeúntes ni con otros vehículos, motivo por el cual el conductor no tiene la necesidad de tocar la bocina como hace en otras trazas al acercarse a una barrera. Luego, también diseñaron una solución en la propagación, ya que colocaron pantallas acústicas para que los vecinos que viven en los edificios cercanos no reciban todo el ruido.

En las Figs. 2 y 3 pueden verse imágenes de diseño de cómo quedarían las pantallas instaladas a lo largo del viaducto del Tren Mitre.



Fig. 1: Viaductos previstos para la Ciudad de Buenos Aires



Figs. 2 y 3: Vistas de las barreras acústicas a colocar en el viaducto del Tren Mitre

Entre los requerimientos del proyecto estuvieron especificadas las características acústicas que debían tener las pantallas a instalar:

Característica	Requerimiento	Normativa de aplicación
Aislamiento al ruido aéreo	Categoría B3	UNE-EN 1793-2:2014, Anexo A
Absorción sonora	Categoría A3	UNE-EN 1793-2:2014, Anexo A

Para caracterizar sus paneles, un proveedor sometió sus productos a ensayos de laboratorio, realizándose las siguientes 3 pruebas:

- Medición de aislamiento acústico al ruido aéreo
- Medición de absorción sonora en cámara reverberante

#### **Descripción de la muestra ensayada:**

Se ensayaron módulos para construcción de barreas acústicas contruidos con paneles “tipo sandwich”, conformados por una chapa de acero galvanizado (ciega), una capa de lana de roca, y una chapa de acero galvanizado perforada (densidad de perforación del 40 %).

La superficie de la muestra era de 10 m<sup>2</sup>.

---

## **1. MEDICIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO**

### **1.1. Metodología de las mediciones**

Para calcular el aislamiento acústico provisto por el cuerpo de la pantalla se debe seguir el procedimiento de la Norma IRAM 4063-3/2002: “Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico a ruido aéreo de los elementos de construcción”.

El ensayo se realiza en las cámaras de transmisión horizontal inferiores del laboratorio, que cumplen con los requerimientos de la norma IRAM 4063-1/2002.

El volumen de las cámaras es de 111,7m<sup>3</sup> (cámara emisora) y de 113,9 m<sup>3</sup> (cámara receptora). La muestra ensayada fue construida en el vano de 10 m<sup>2</sup> existente entre ambas cámaras.

La señal empleada para el ensayo es ruido de banda ancha. El proceso consiste en registrar, tanto en la sala emisora como en la sala receptora, el nivel sonoro continuo equivalente para las distintas frecuencias de ensayo. A los niveles sonoros medidos en el local receptor se les debe aplicar la corrección por ruido de fondo.

Como resultado de este ensayo se obtiene el índice de reducción sonora R de la muestra, expresado en decibeles. Dicho índice depende de la frecuencia, por lo que las mediciones se

realizan en bandas de tercios de octavas, para las 18 frecuencias centrales comprendidas entre 100 y 5000 Hz.

## 1.2. Índice de evaluación y clasificación de la pantalla

A partir de los valores del aislamiento del sonido vía aérea dependientes de la frecuencia (índice  $R$ ), y siguiendo los lineamientos de la norma UNE-EN 1793-2: "Características intrínsecas relativas al aislamiento al ruido aéreo en condiciones de campo sonoro difuso", se calcula el **número global**:

**Índice de evaluación del aislamiento al ruido aéreo,  $DL_R$ :** Calculado como la diferencia de niveles de presión sonora ponderados A, en decibeles, mediante la ecuación [1]. Se lo expresa en decibeles, y se redondea al entero más próximo.

$$DL_R = -10 \log \left( \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1 \cdot L_i} \cdot 10^{-0,1 \cdot R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1 \cdot L_i}} \right) \quad [1]$$

Siendo:

$R_i$ : Índice de reducción sonora en la  $i$ -ésima banda de tercio de octava correspondiente a la muestra ensayada

$L_i$ : Nivel de presión sonora de ruido normalizado ponderado A, en dB, de la  $i$ -ésima banda de tercio de octava del ruido normalizado que corresponda utilizar (ver Anexo A)

**Clasificación del comportamiento de aislamiento:** De acuerdo con lo establecido en la citada norma, las categorías normalizadas en función de  $DL_R$  son:

**Tabla 1: Categorías de comportamiento de aislamiento al ruido aéreo**

Categoría	$DL_R$ , en dB
B <sub>0</sub>	No determinado
B <sub>1</sub>	$DL_R < 15$
B <sub>2</sub>	15 a 24
B <sub>3</sub>	25 a 34
B <sub>4</sub>	$DL_R > 34$

## 1.3. Valores medidos

En las figuras 4 y 5 puede apreciarse el montaje de la pantalla para el ensayo de aislamiento en cámaras de transmisión.

Se constató que la temperatura y la humedad permanecieron constantes durante el ensayo, y los valores registrados fueron: 20°C y 52%, respectivamente.

En la Tabla 1 se presentan los valores de los parámetros medidos:

- L1: nivel sonoro continuo equivalente medido en cámara emisora, en dB
- L2: nivel sonoro continuo equivalente medido en cámara receptora, en dB
- RF: nivel sonoro continuo equivalente del ruido de fondo de la cámara receptora, en dB



**Figs. 4 Y 5: Montaje de pantalla para ensayo de aislamiento acústico**

**Tabla 2: Niveles sonoros y tiempos de reverberación medidos**

<b>Banda</b>	<b>L1 (dB)</b>	<b>L2 (dB)</b>	<b>RF (dB)</b>	<b>TR (s)</b>
<b>50</b>	62,5	52,9	17,9	6,910
<b>63</b>	62,6	51,3	19,5	7,780
<b>80</b>	76,5	61,4	23,4	7,320
<b>100</b>	80,0	66,6	34,7	5,970
<b>125</b>	81,2	68,6	27,4	5,300
<b>160</b>	80,6	64,4	19,6	3,690
<b>200</b>	77,9	59,4	9,2	2,950
<b>250</b>	79,1	56,0	6,5	2,080
<b>315</b>	79,6	52,7	5,8	2,210
<b>400</b>	82,8	52,1	4,5	1,880
<b>500</b>	81,8	47,9	3,8	1,880
<b>630</b>	78,2	44,2	5,3	1,780
<b>800</b>	77,7	44,7	5,1	1,800
<b>1000</b>	79,0	46,4	5,1	1,770
<b>1250</b>	78,1	46,0	9,7	1,730
<b>1600</b>	79,9	51,0	7,5	1,830
<b>2000</b>	79,8	50,8	7,1	1,840
<b>2500</b>	79,4	47,2	6,4	1,780
<b>3150</b>	79,1	50,1	6,9	1,810
<b>4000</b>	82,3	51,6	7,8	1,640
<b>5000</b>	80,7	50,5	8,0	1,480

## 1.4. Trabajo a realizar

Aplicando la Norma IRAM 4063-3, y a partir de los valores medidos (Tabla 2), se deberá obtener la curva del Índice de Reducción Sonora en laboratorio de módulos para construcción de barreras acústicas, en función de la frecuencia.

- Presentar en un mismo gráfico, los valores de nivel sonoro medidos en la cámara emisora y en la cámara receptora, incluyendo el ruido de fondo de la cámara receptora.
- Indicar qué expresión y qué valores de parámetros se utilizaron para los cálculos del Índice de Reducción Sonora  $R$ , en decibeles.
- Presentar en tabla y en gráfico, los valores del *Índice de Reducción Sonora  $R$* , obtenidos para la pantalla testada.
- Calcular el Índice de Evaluación del Aislamiento al Ruido Aéreo,  $DL_R$
- ¿Qué representa este índice global? Interprete la ecuación (1).
- Determinar la categoría en la que encuadra la pantalla ensayada de acuerdo con la norma UNE-EN 1793-2.

---

## 2. MEDICIÓN DE ABSORCIÓN EN CÁMARA REVERBERANTE

### 2.1. Metodología de las mediciones

Para calcular la absorción sonora se deben medir los tiempos de reverberación siguiendo el procedimiento de la Norma IRAM 4065/1995 “Acústica. Medición de absorción de sonido en sala reverberante”.

La sala reverberante utilizada posee un volumen de  $189 \text{ m}^3$ , una superficie interior de  $208 \text{ m}^2$ , y cumple con los requisitos de estas normas.

Durante el ensayo se utilizan 2 posiciones diferentes de las fuentes sonoras y 6 posiciones del micrófono, realizándose 3 registros por cada combinación fuente-micrófono. De este modo, cada tiempo de reverberación es el resultado del promedio de 36 caídas. Este procedimiento se lleva a cabo para dos condiciones: la cámara vacía y la cámara con la muestra ensayada en su interior.

Con los tiempos de reverberación medidos, se calcula el coeficiente de absorción sonora  $\alpha_s$  (adimensional), para las bandas de tercios de octava comprendidas entre 100 y 5000 Hz.

### 2.2. Índice de evaluación y clasificación de la pantalla

A partir de los valores del coeficiente de absorción sonora  $\alpha_s$  dependientes de la frecuencia, y siguiendo los lineamientos de la norma UNE-EN 1793-2: “Características intrínsecas relativas al aislamiento al ruido aéreo en condiciones de campo sonoro difuso”, se obtiene el **número global**:

**Índice de evaluación de la absorción sonora ( $DL_\alpha$ ):** Calculado como la diferencia de niveles de presión sonora ponderados A, mediante la ecuación [2]. Se lo expresa en decibeles, y se redondea al entero más próximo.

$$DL_\alpha = -10 \log \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{si} \cdot 10^{0,1 \cdot Li}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1 \cdot Li}} \right) \quad [2]$$

Siendo:

$\alpha_{si}$ : Coeficiente de absorción sonora de la i-ésima banda de tercio de octava

$L_i$ : Nivel de presión sonora de ruido normalizado ponderado A, en dB, de la i-ésima banda de tercio de octava del ruido normalizado que corresponda utilizar (ver Anexo A)

**Clasificación del comportamiento de absorción:** De acuerdo con lo establecido en la citada norma, las categorías normalizadas en función de  $DL_\alpha$  son:

**Tabla 3: Categorías de comportamiento de absorción sonora**

Categoría	$DL_\alpha$ , en dB
$A_0$	No determinado
$A_1$	$DL_\alpha < 4$
$A_2$	4 a 7
$A_3$	8 a 11
$A_4$	12 a 15
$A_5$	$DL_\alpha > 15$

### 2.3. Valores medidos

Los paneles se colocaron sobre el piso de la cámara reverberante, con su cara fonoabsorbente hacia arriba, expuesta al sonido. Ver Fig. 6

En la Tabla 4 se presentan los valores de tiempos de reverberación medidos para las distintas condiciones de ensayo.

Se constató que la temperatura y la humedad permanecieron constantes durante el ensayo, y los valores registrados fueron: 26,7°C y 62%, respectivamente.





**Fig. 6: Montaje de ensayo en cámara reverberante**

**Tabla 4: Tiempos de reverberación medidos, en s**

<b>Banda</b>	<b>TR Sala con muestra (T2)</b>	<b>TR Sala vacía (T1)</b>
100	4,60	14,92
125	4,47	12,22
160	3,71	9,97
200	3,20	9,08
250	2,89	9,19
315	2,72	9,74
400	2,38	8,74
500	2,28	7,59
630	2,26	7,15
800	2,21	7,03
1000	2,28	7,21
1250	2,23	6,58
1600	2,21	5,87
2000	2,23	5,08
2500	2,22	4,44
3150	2,17	3,59
4000	2,08	2,98
5000	1,84	2,29



---

## 2.4. Trabajo a realizar

Aplicando la Norma IRAM 4065, se deberá obtener la curva del coeficiente de absorción sonora en cámara reverberante de la pantalla ensayada, en función de la frecuencia.

- Presentar en un mismo gráfico los valores de tiempos de reverberación medidos para la cámara vacía y la cámara con muestra, y observar cómo varían con la inclusión de los fonoabsorbentes en el interior de la cámara.
  - Indicar qué expresión y qué valores de parámetros se utilizaron para los cálculos.
  - Presentar en tabla y en gráfico, los valores del coeficiente de absorción sonora obtenidos.
  - Calcular el Índice de Evaluación de la Absorción Sonora,  $DL\alpha$ .
  - ¿Qué representa este índice global? Interprete la ecuación (2).
  - Determinar la categoría en la que encuadra la pantalla ensayada de acuerdo con la norma UNE-EN 1793-1.
- 

## 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

- 3.1. Determinar si los paneles ensayados cumplen con los requerimientos de obra.
  - 3.2. Si se la instalara en una autopista, y los requerimientos acústicos fuesen los mismos que para la obra ferroviaria ¿sería apta la pantalla ensayada?
  - 3.3. ¿La barrera estudiada tiene el mismo comportamiento frente a los dos tipos de ruido? Justifique su respuesta.
-

### 3.4. ANEXO A: RUIDOS NORMALIZADOS

De acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 1793-2, el espectro de ruido normalizado a utilizar en el cálculo de los parámetros globales depende del uso al que estén destinados los dispositivos reductores de ruido. Para el caso de barreras a ser instaladas en cercanías de carreteras, debe utilizarse el espectro normalizado de ruido de tránsito (definido en la UNE-EN 1793-3). Si las barreras serán instaladas a lo largo de vías ferroviarias, se debe utilizar el espectro normalizado de ruido ferroviario (definido en la norma UNE-EN 16272-3).

En la Tabla A1 se presentan los valores de los espectros normalizados de ruidos.

**Tabla A1: Espectros de ruidos normalizados**

<b>Banda</b>	<b>Espectro normalizado de ruido de tráfico, en dB (UNE-EN 1793-3)</b>	<b>Espectro normalizado de ruido ferroviario, en dB (UNE-EN 16272-3)</b>
<b>100</b>	-20	-27
<b>125</b>	-20	-25
<b>160</b>	-18	-23
<b>200</b>	-16	-21
<b>250</b>	-15	-19
<b>315</b>	-14	-17
<b>400</b>	-13	-15
<b>500</b>	-12	-13
<b>630</b>	-11	-12
<b>800</b>	-9	-11
<b>1000</b>	-8	-10
<b>1250</b>	-9	-9
<b>1600</b>	-10	-9
<b>2000</b>	-11	-9
<b>2500</b>	-13	-9
<b>3150</b>	-15	-10
<b>4000</b>	-16	-13
<b>5000</b>	-18	-17