



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# MODELADO NUMÉRICO DE LA RESPUESTA ACÚSTICA DE SILENCIADORES DE ESCAPE

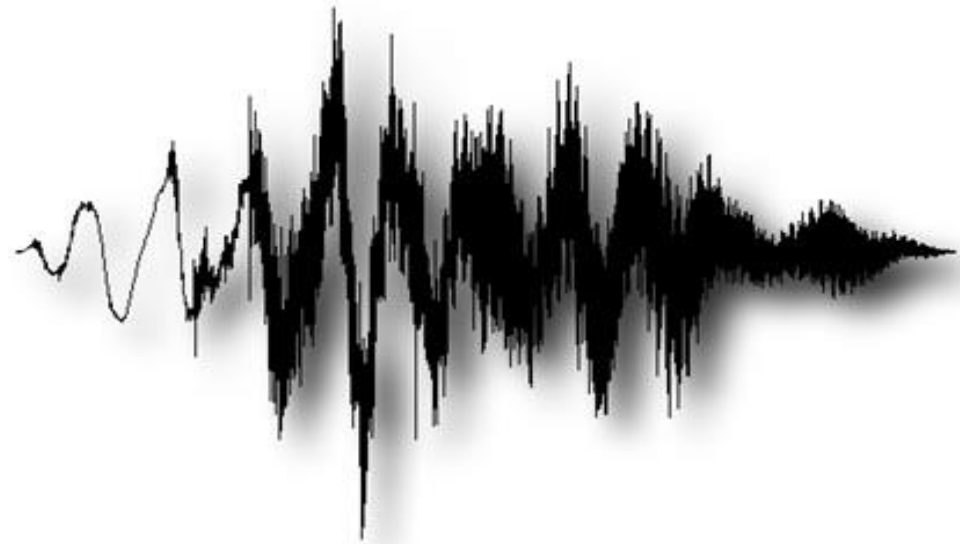
Valencia. Septiembre de 2017

Alumna: **Blanca Elena Pérez Cariñena**

Tutora: **Ana María Pedrosa Sánchez**

# ÍNDICE

- Introducción
- Cálculos
  - OP
  - MEF
- Comparación
  - OP y MEF
  - MEF y Experimental
  - MEF (características del aire) y Experimental
- Conclusiones
- Presupuesto



# 1. INTRODUCCIÓN

- Tipos de silenciadores

→ Reactivo

→ Disipativo



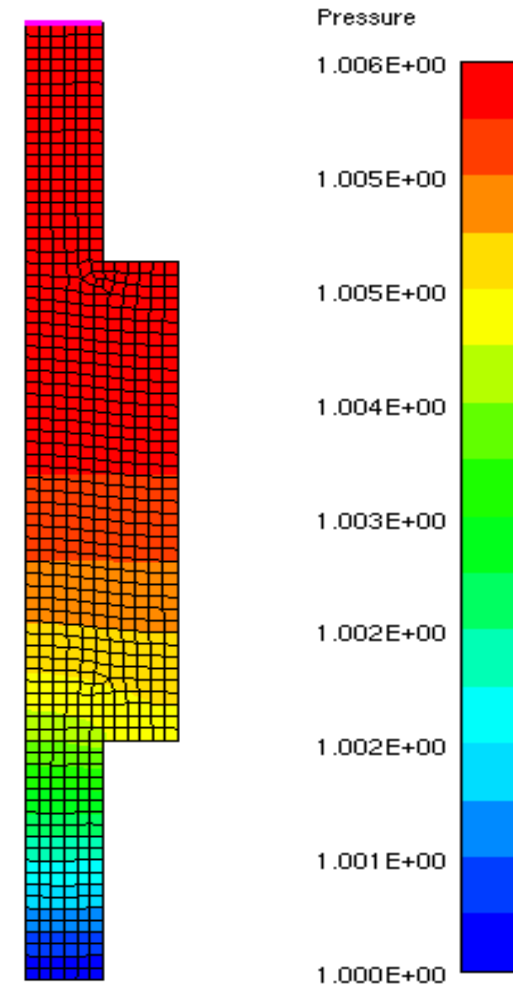
## 2. CÁLCULOS. OP

- Onda Plana

Tres Hipótesis:

- Suponer el aire como gas perfecto
- Variaciones de  $p$ ,  $u$  y  $\rho$  acústicas pequeñas
- Proceso de propagación adiabático

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$



## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \hat{A}e^{j(\omega t - kx)} + \hat{B}e^{j(\omega t + kx)}$$

## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \boxed{\hat{A}e^{j(\omega t - kx)}} + \hat{B}e^{j(\omega t + kx)}$$

progresiva

## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \underbrace{\hat{A}e^{j(\omega t - kx)}}_{\text{progresiva}} + \underbrace{\hat{B}e^{j(\omega t + kx)}}_{\text{regresiva}}$$

## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \boxed{\hat{A}e^{j(\omega t - kx)}} + \boxed{\hat{B}e^{j(\omega t + kx)}}$$

Presión

progresiva

regresiva

$$p(x) = \hat{A}e^{-jkx} + \hat{B}e^{jkx}$$



## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \boxed{\hat{A}e^{j(\omega t - kx)}} + \boxed{\hat{B}e^{j(\omega t + kx)}}$$

Presión

progresiva

regresiva

$$p(x) = \hat{A}e^{-jkx} + \hat{B}e^{jkx}$$

$$k = \frac{\omega}{c_0}$$

## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \boxed{\hat{A}e^{j(\omega t - kx)}} + \boxed{\hat{B}e^{j(\omega t + kx)}}$$

Presión

progresiva

regresiva

$$p(x) = \hat{A}e^{-jkx} + \hat{B}e^{jkx}$$

$$k = \frac{\omega}{c_0}$$

Velocidad

$$u(x) = \frac{1}{Z_0} (\hat{A}e^{-jkx} - \hat{B}e^{jkx})$$

## 2. CÁLCULOS. OP

- Solución de ecuación de ondas (Onda Plana)

$$p(x, t) = \hat{A}e^{j(\omega t - kx)} + \hat{B}e^{j(\omega t + kx)}$$

progresiva

regresiva

Presión

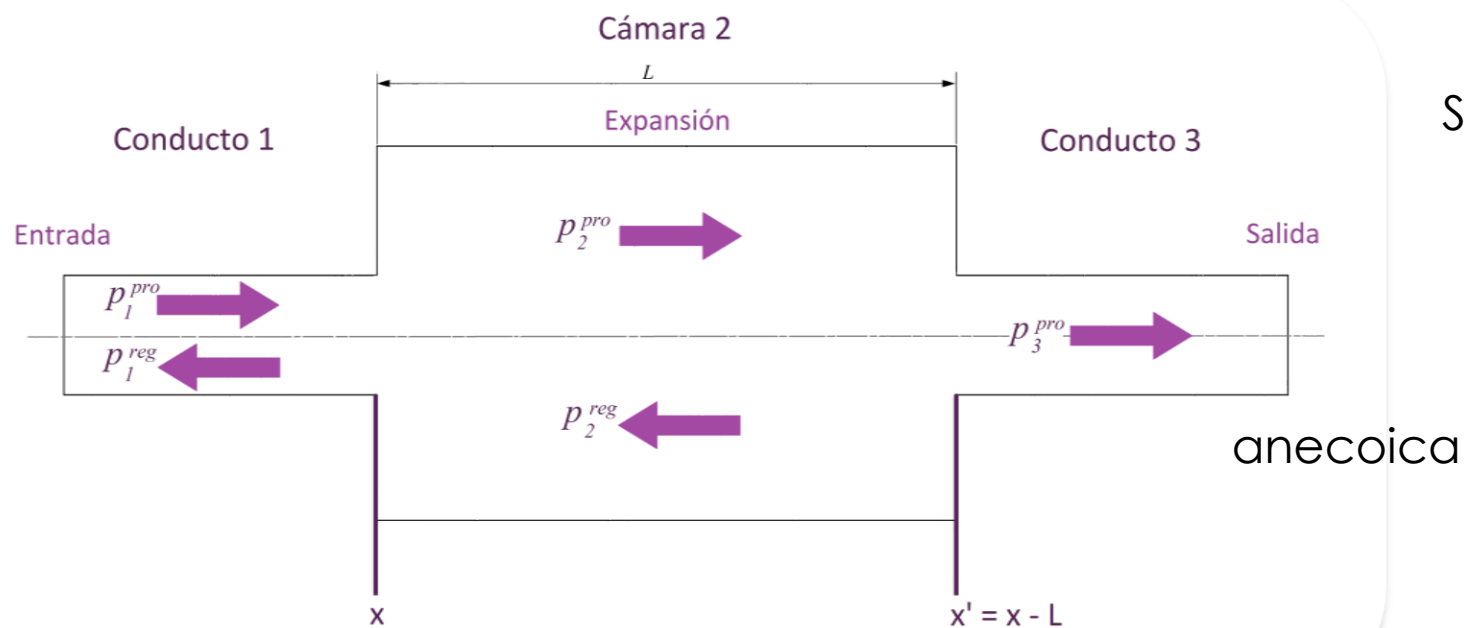
$$p(x) = \hat{A}e^{-jkx} + \hat{B}e^{jkx} \quad k = \frac{\omega}{c_0}$$

Velocidad

$$u(x) = \frac{1}{Z_0} (\hat{A}e^{-jkx} - \hat{B}e^{jkx}) \quad Z_0 = \rho c_0$$

## 2. CÁLCULOS. OP

- Perdidas de Transmisión  $TL$

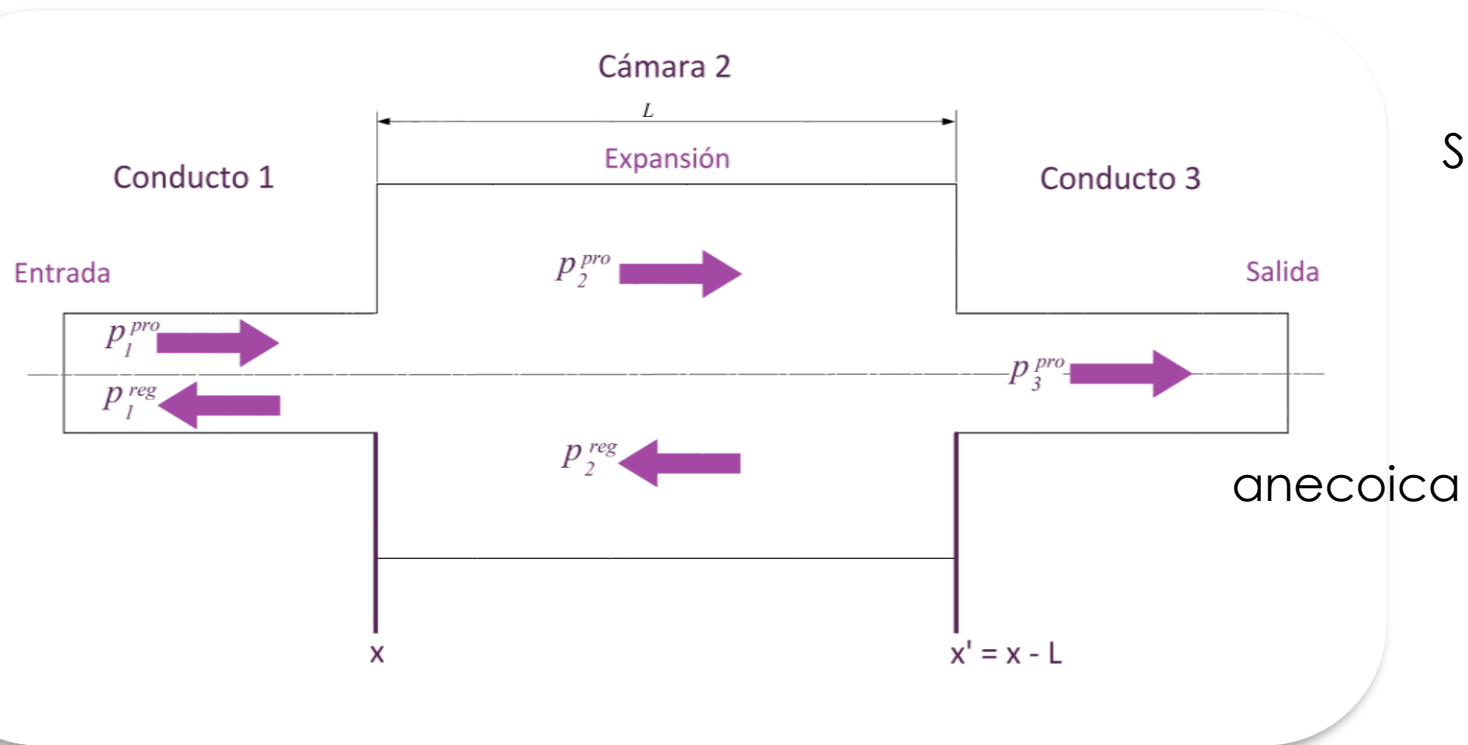


Sección entrada (1) = sección salida (3)

$$TL = 10 \log \left( \left| \frac{W_i}{W_t} \right| \right)$$

## 2. CÁLCULOS. OP

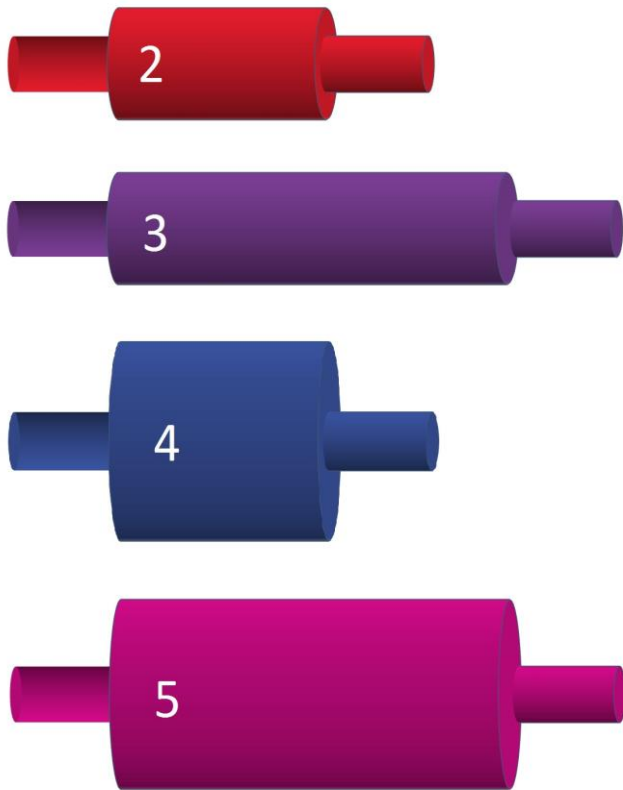
- Perdidas de Transmisión  $TL$



Sección entrada (1) = sección salida (3)

$$TL = 20 \log \left( \frac{p_1 + Z_0 u_1}{2 p_3} \right)$$

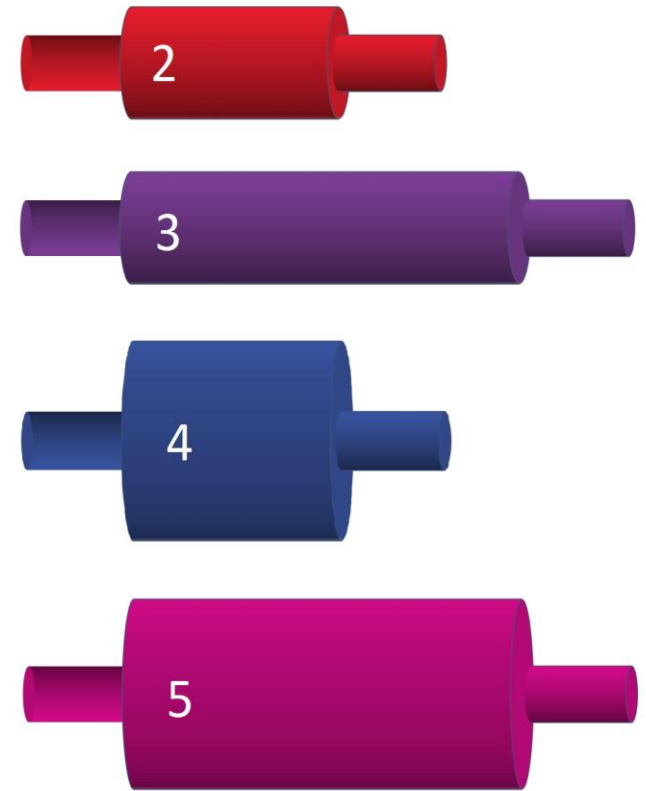
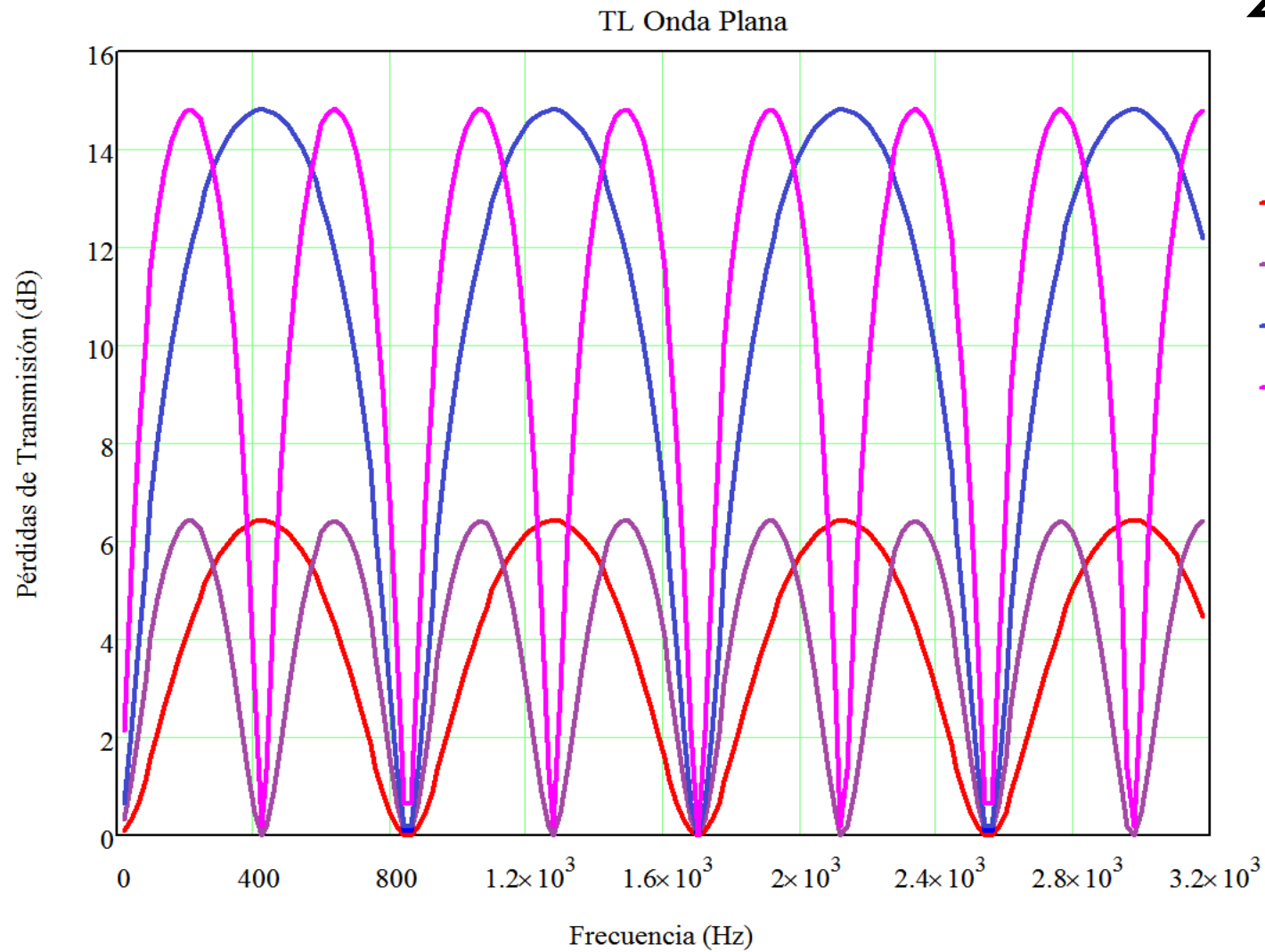
## 2. CÁLCULOS. OP



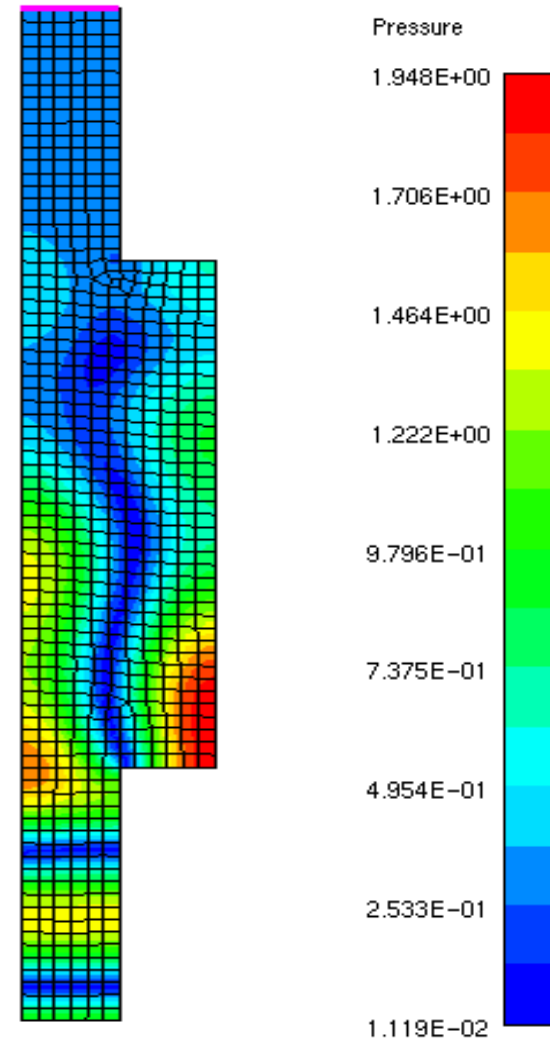
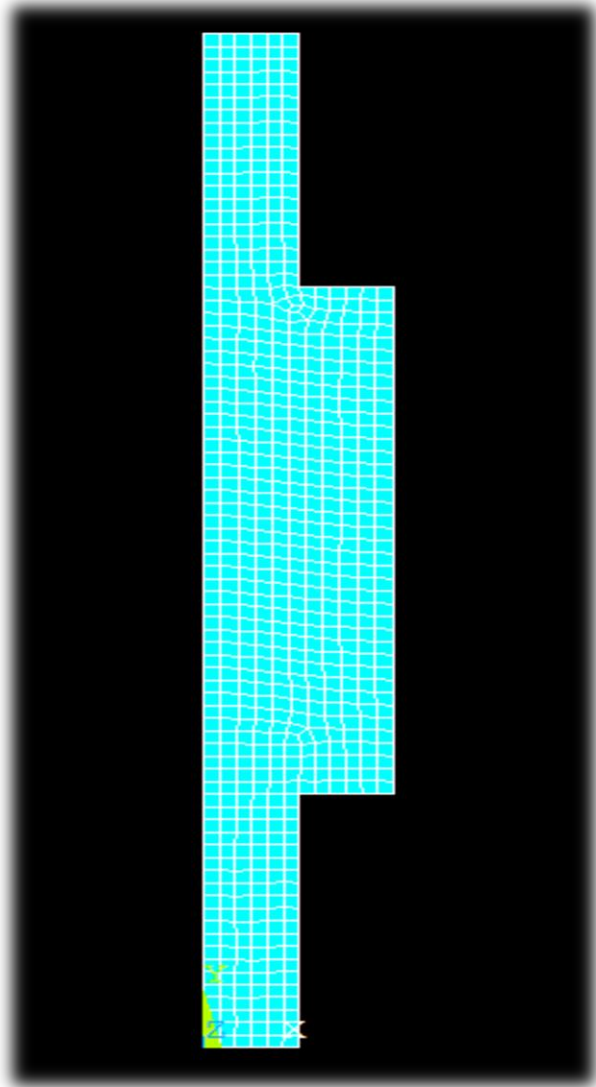
	$r_1 - r_3$ (m)	$r_2$ (m)	$L$ (m)	$m =$ $S_{\text{cám}}/S_{\text{con}}$
<b>Cámara 2</b>	0,0268	0,0532	0,2	3,941
<b>Cámara 3</b>	0,0268	0,0532	0,4	3,941
<b>Cámara 4</b>	0,0268	0,0886	0,2	10,929
<b>Cámara 5</b>	0,0268	0,0886	0,4	10,929

$$TL = 10 \log \left( \frac{1}{|\hat{p}_3^{pro}|^2} \right) = 20 \log \left( \frac{(1 - m)^2 e^{-jkL} - (1 + m)^2 e^{jkL}}{4m} \right)$$

## 2. CÁLCULOS. OP



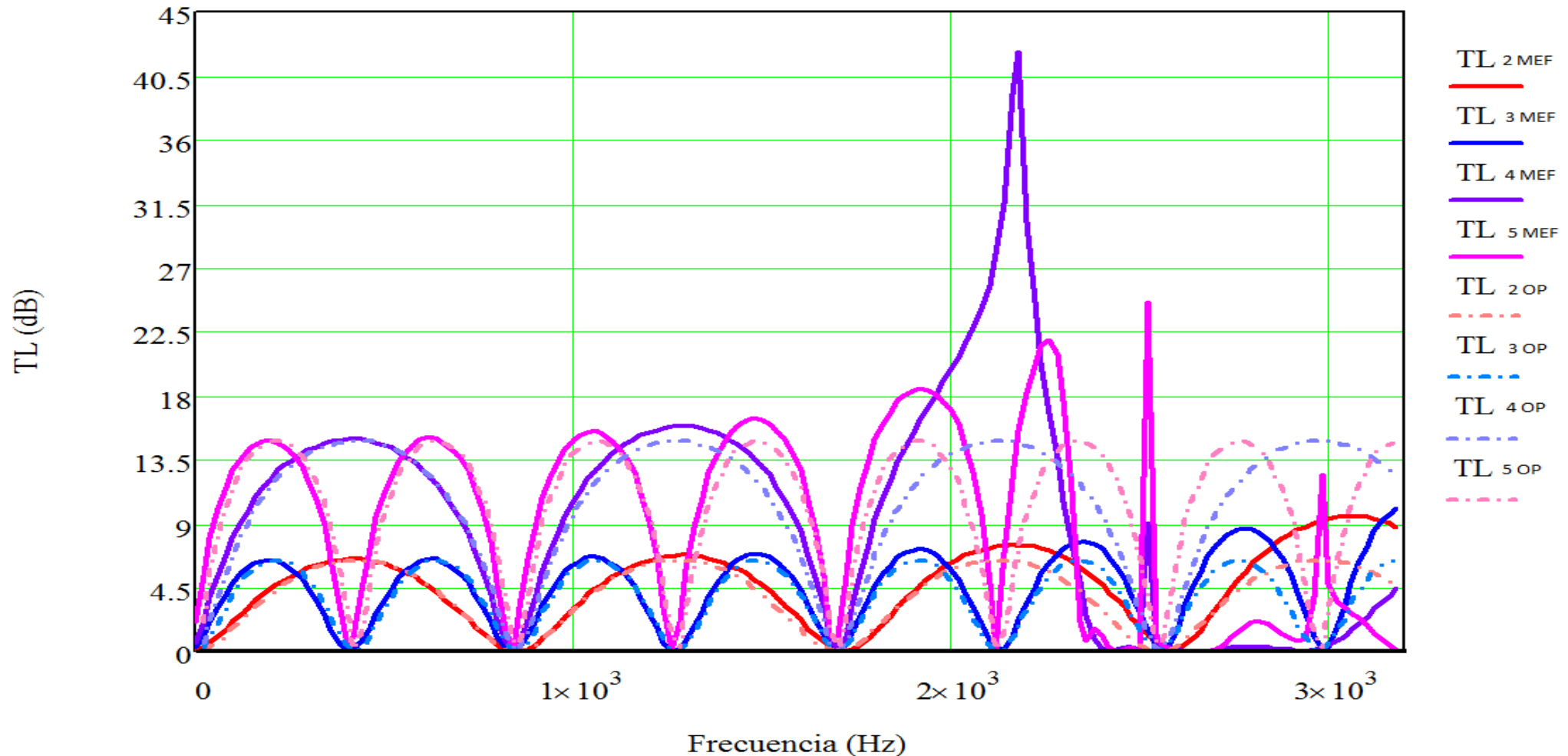
## 2. CÁLCULOS. MEF





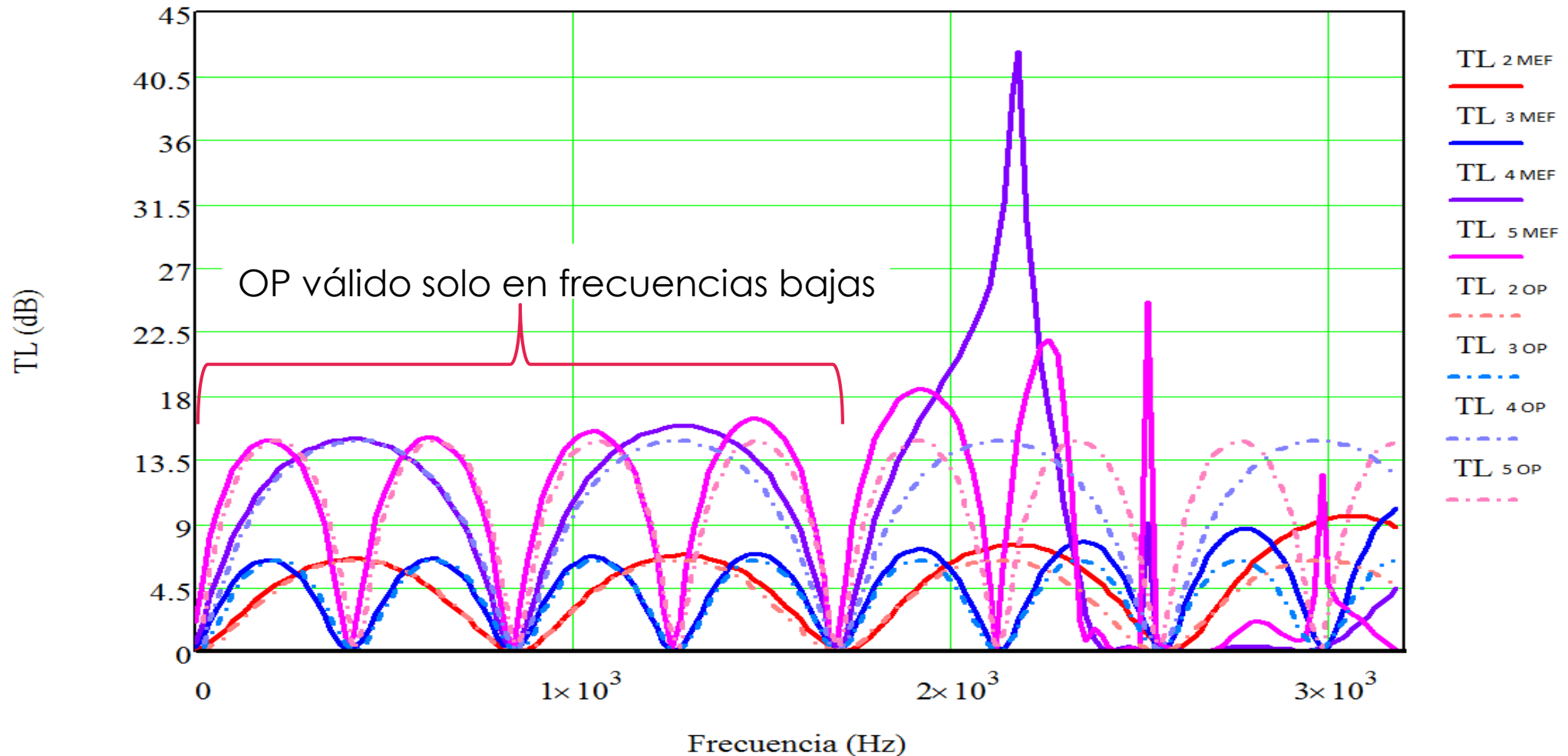
# 3. COMPARACIÓN. OP Y MEF

TL. Onda Plana y Elementos Finitos



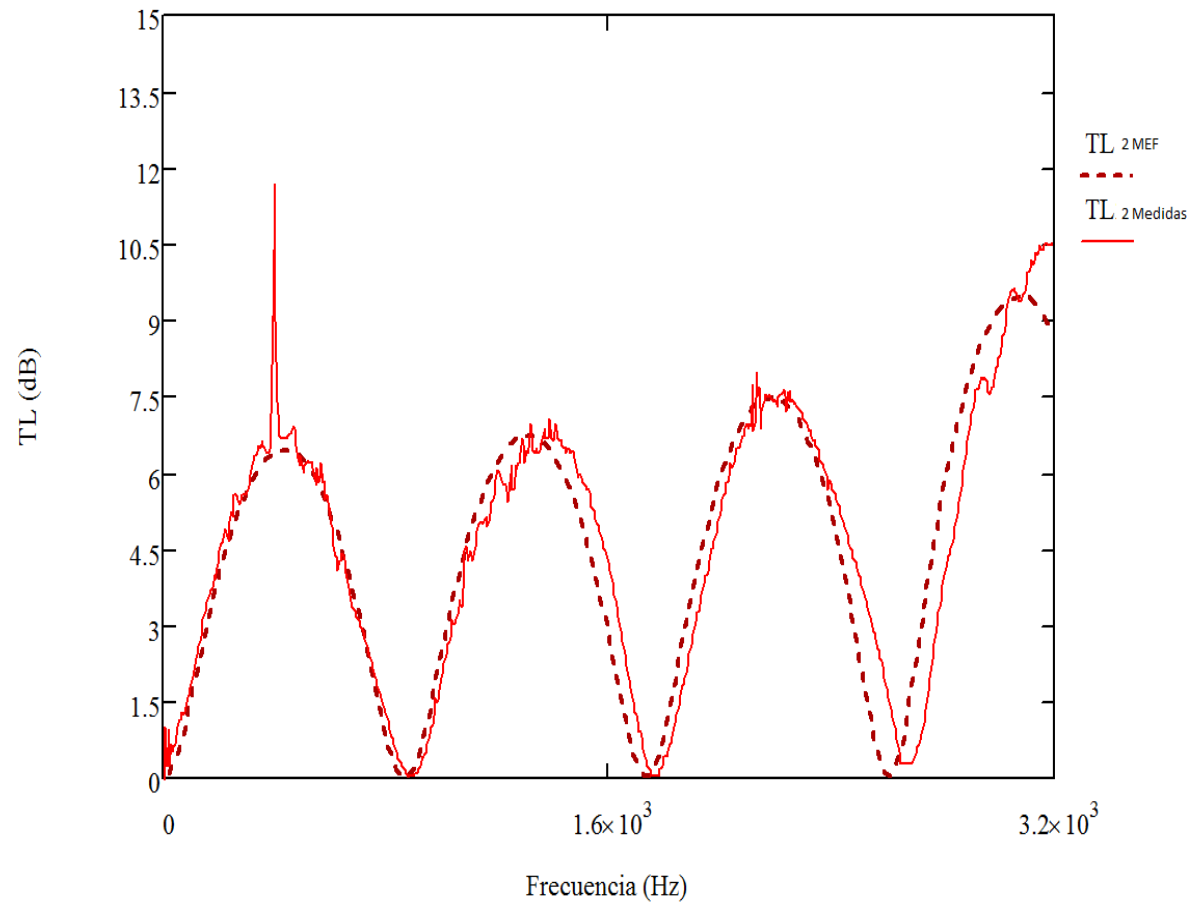
# 3. COMPARACIÓN. OP Y MEF

TL. Onda Plana y Elementos Finitos

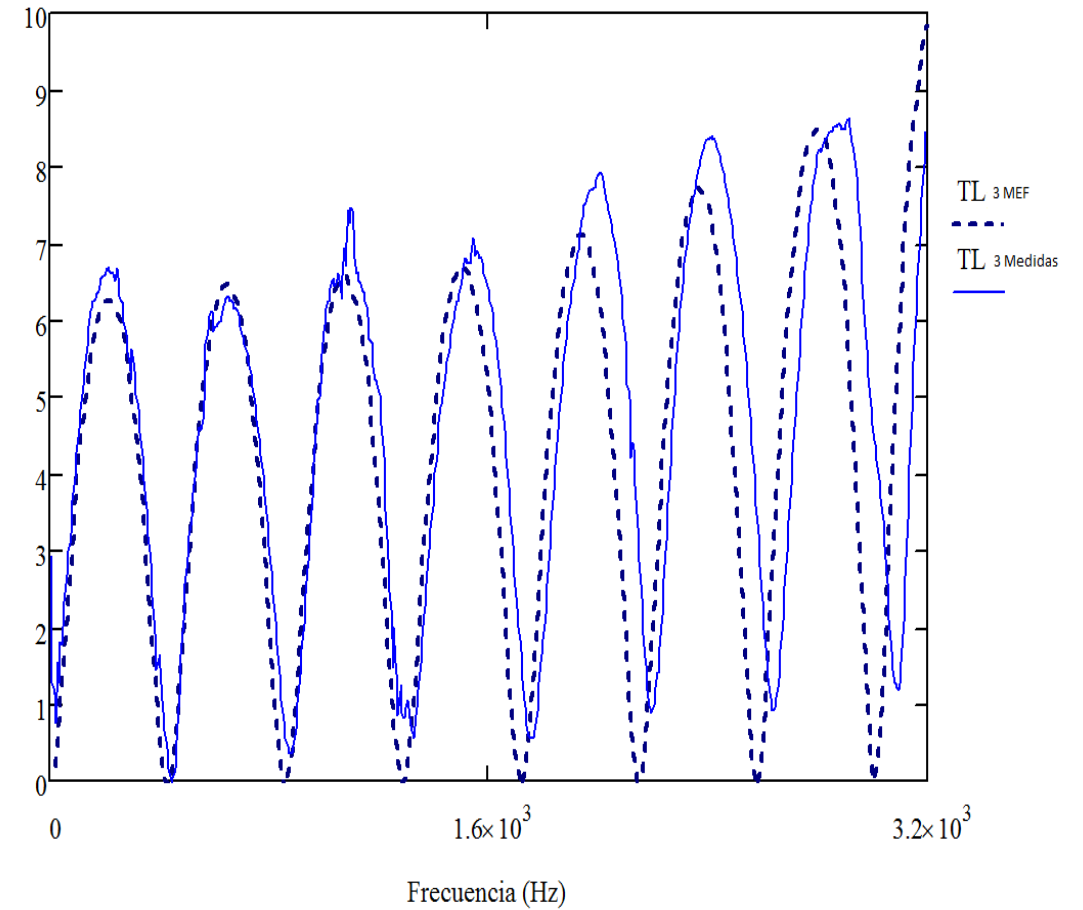


# 3. COMPARACIÓN. MEF Y EXPERIMENTAL

TL. Elementos Finitos y Experimental.

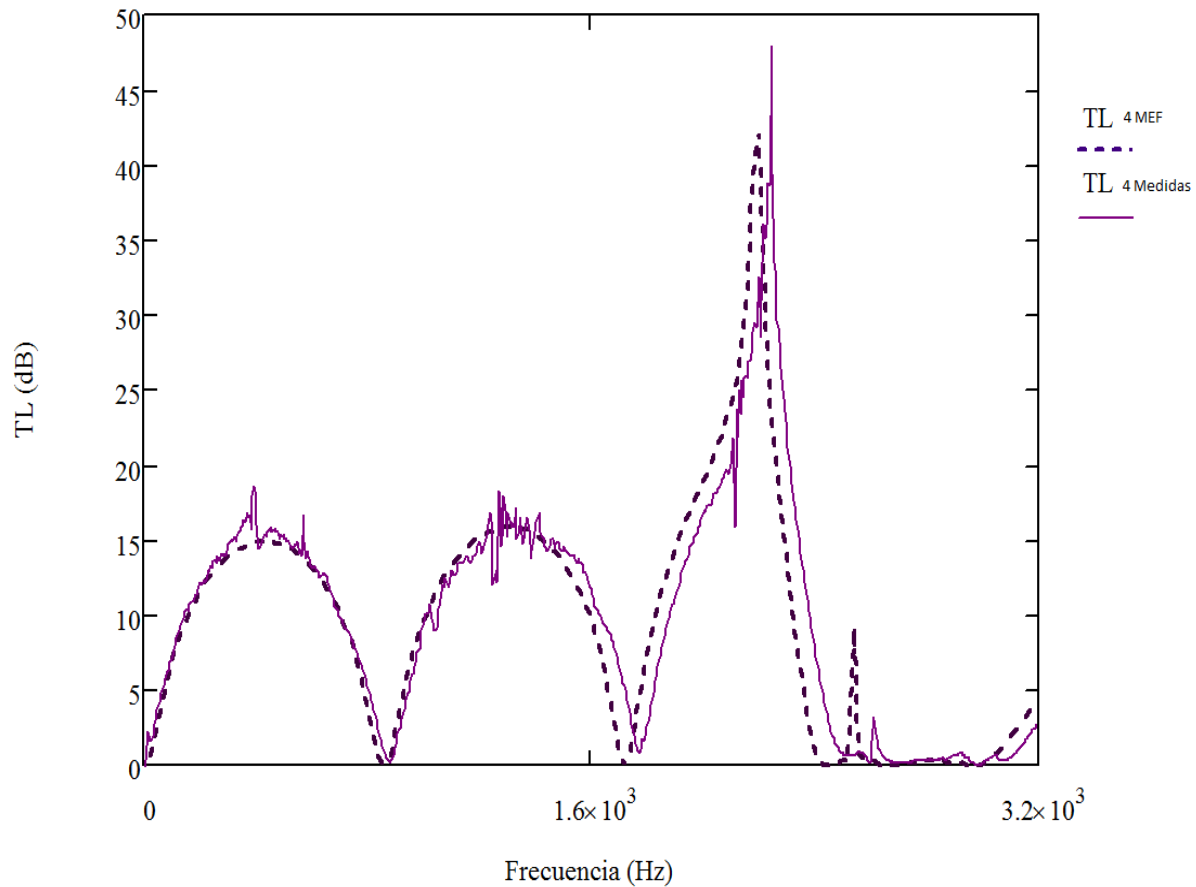


TL. Elementos Finitos y Experimental.

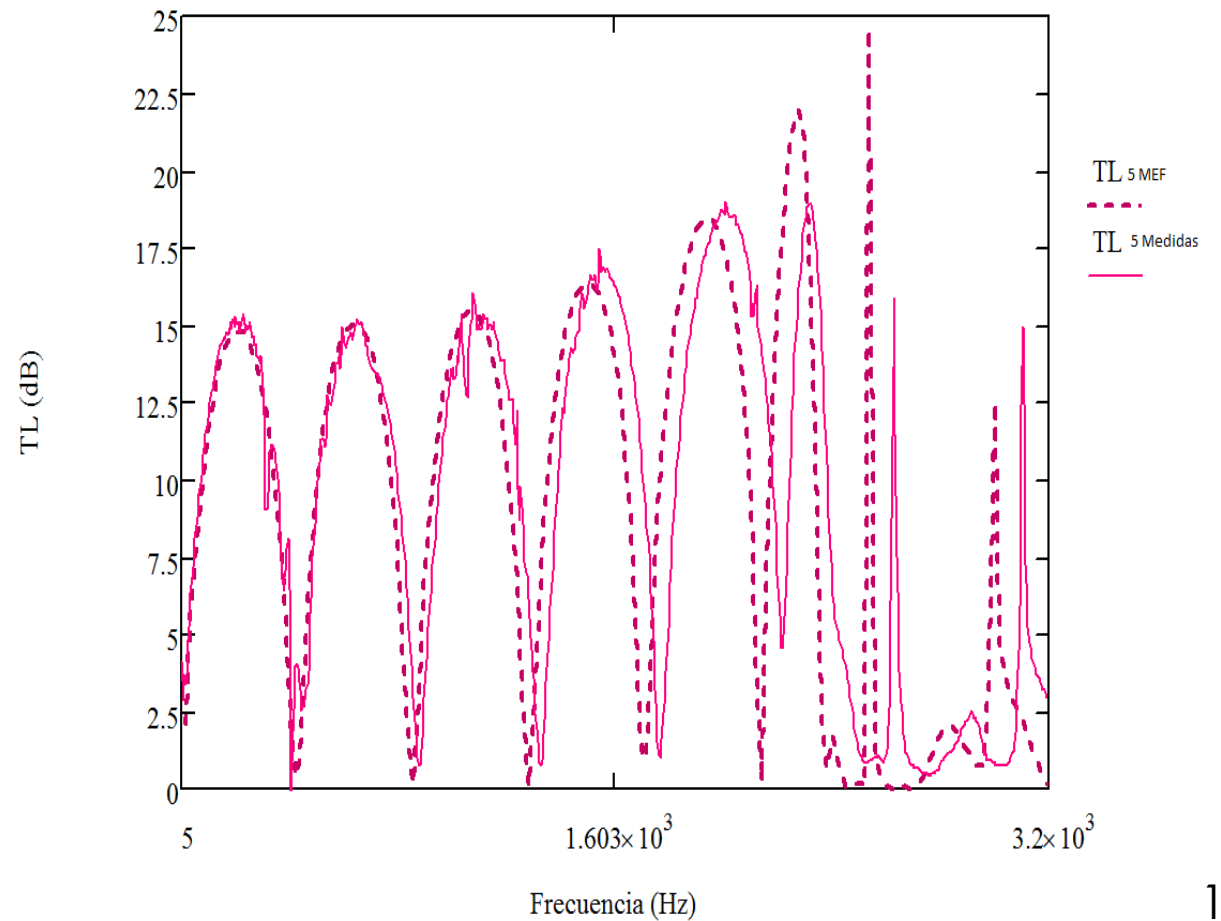


# 3. COMPARACIÓN. MEF Y EXPERIMENTAL

TL. Elementos Finitos y Experimental.

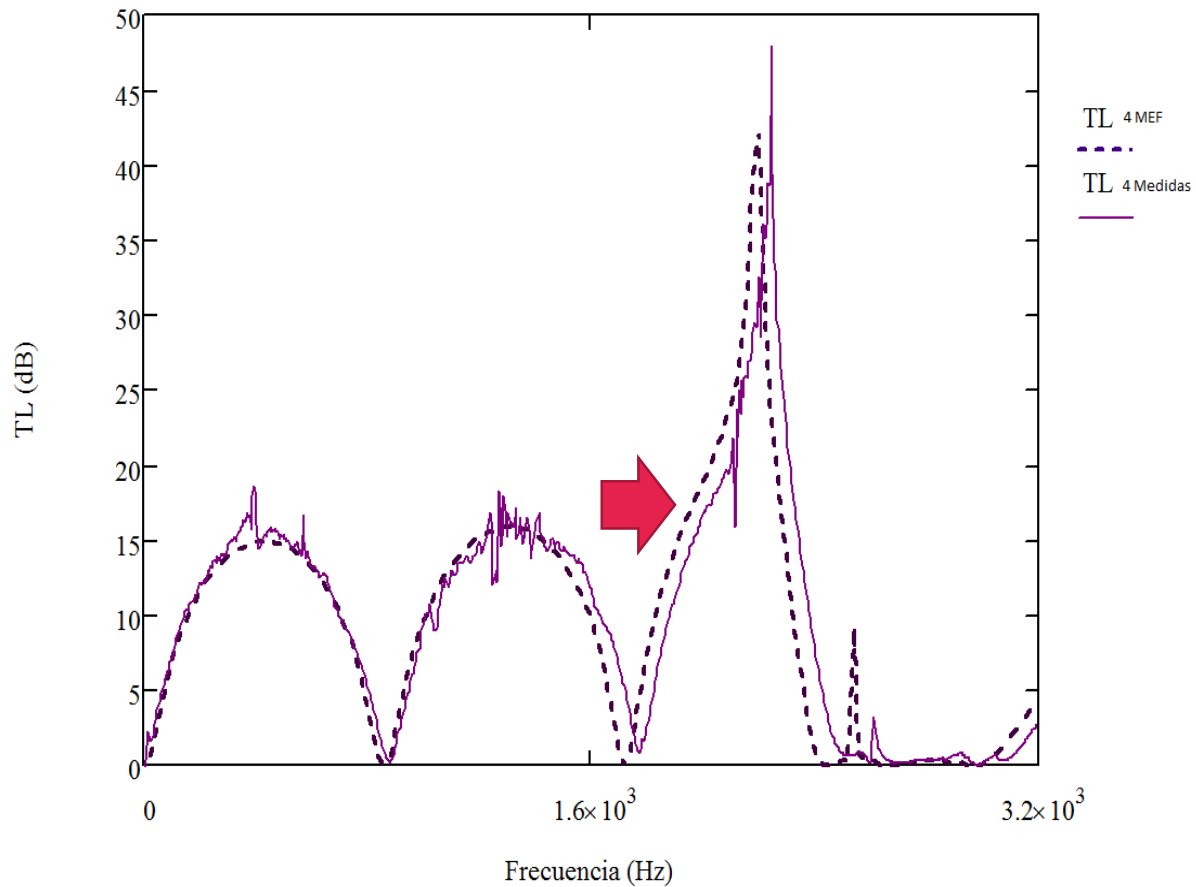


TL. Elementos Finitos y Experimental.

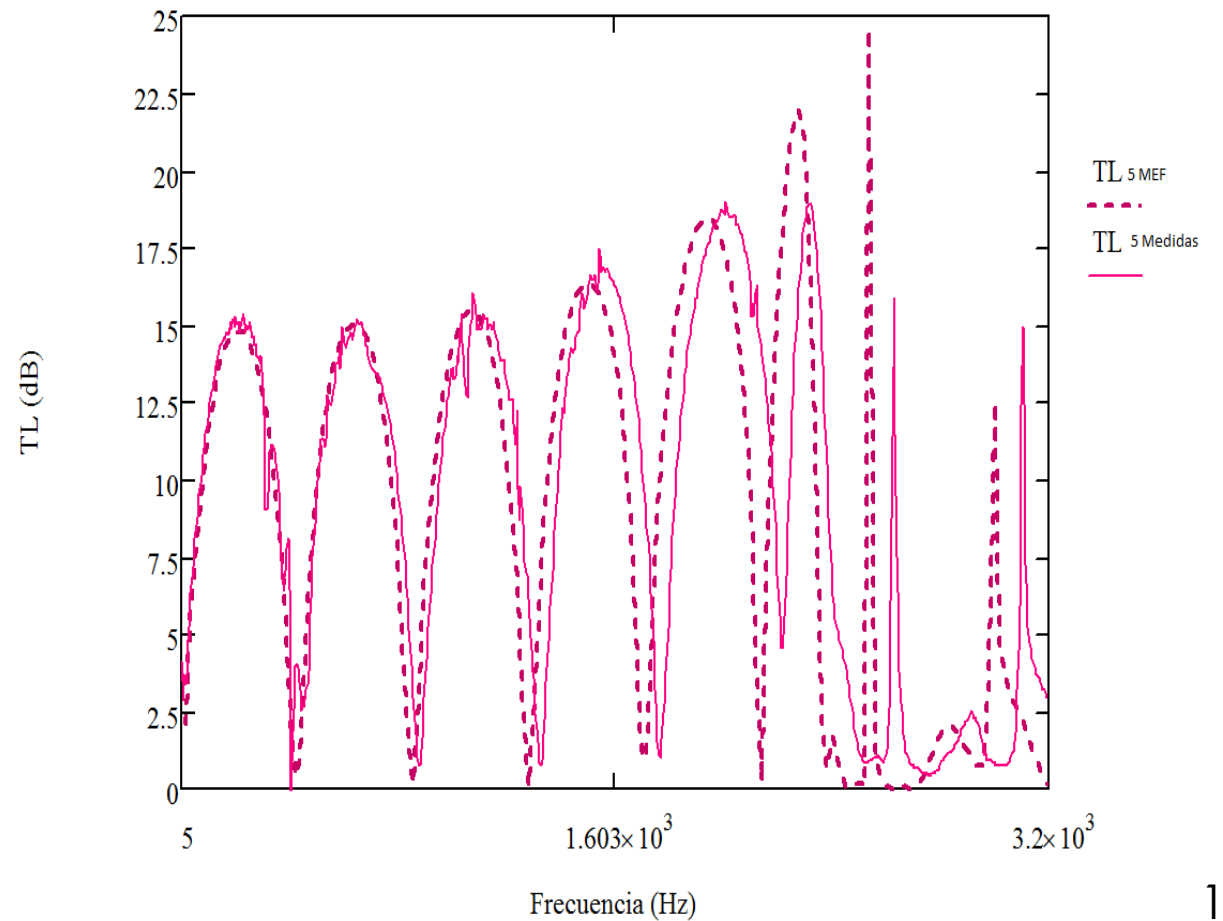


# 3. COMPARACIÓN. MEF Y EXPERIMENTAL

TL. Elementos Finitos y Experimental.

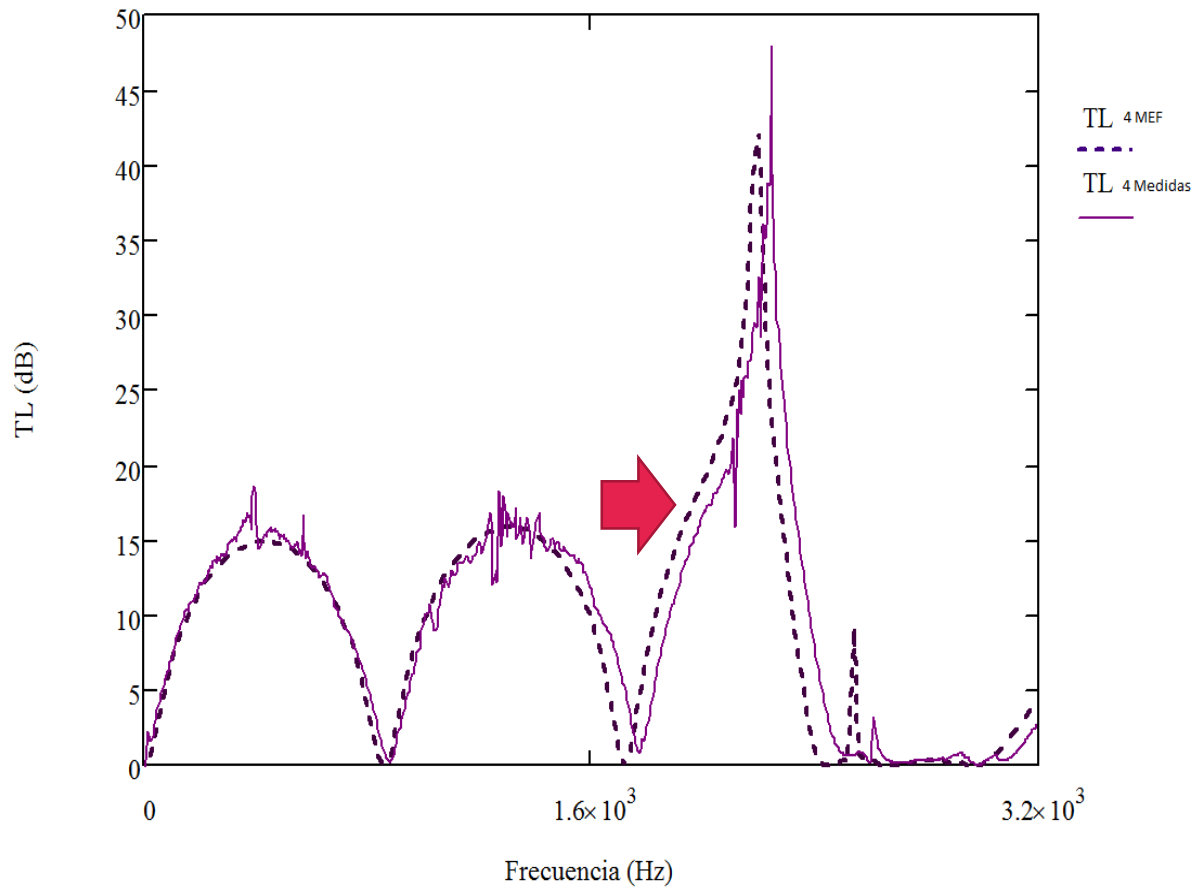


TL. Elementos Finitos y Experimental.

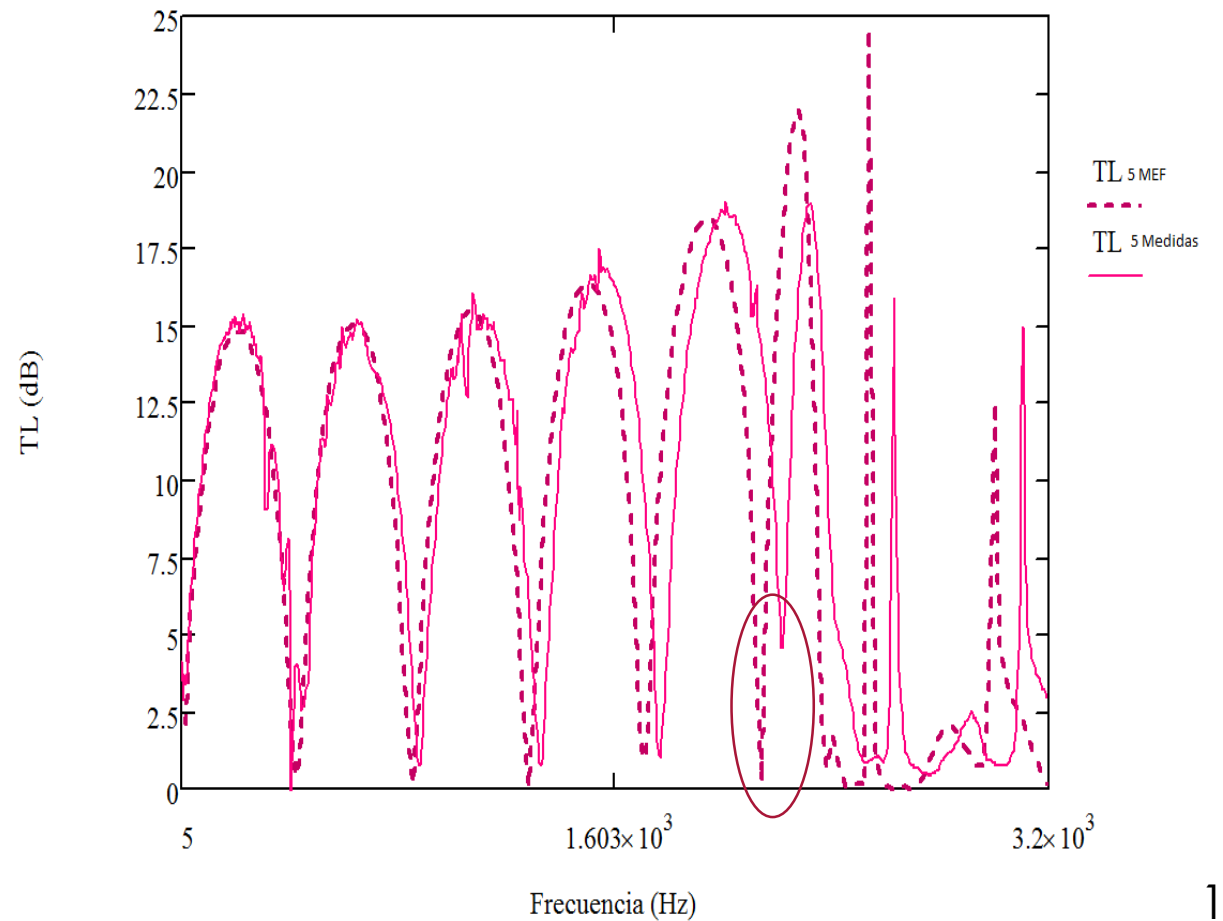


# 3. COMPARACIÓN. MEF Y EXPERIMENTAL

TL. Elementos Finitos y Experimental.



TL. Elementos Finitos y Experimental.



### 3. COMPARACIÓN. MEF Y EXPERIMENTAL

#### MEF

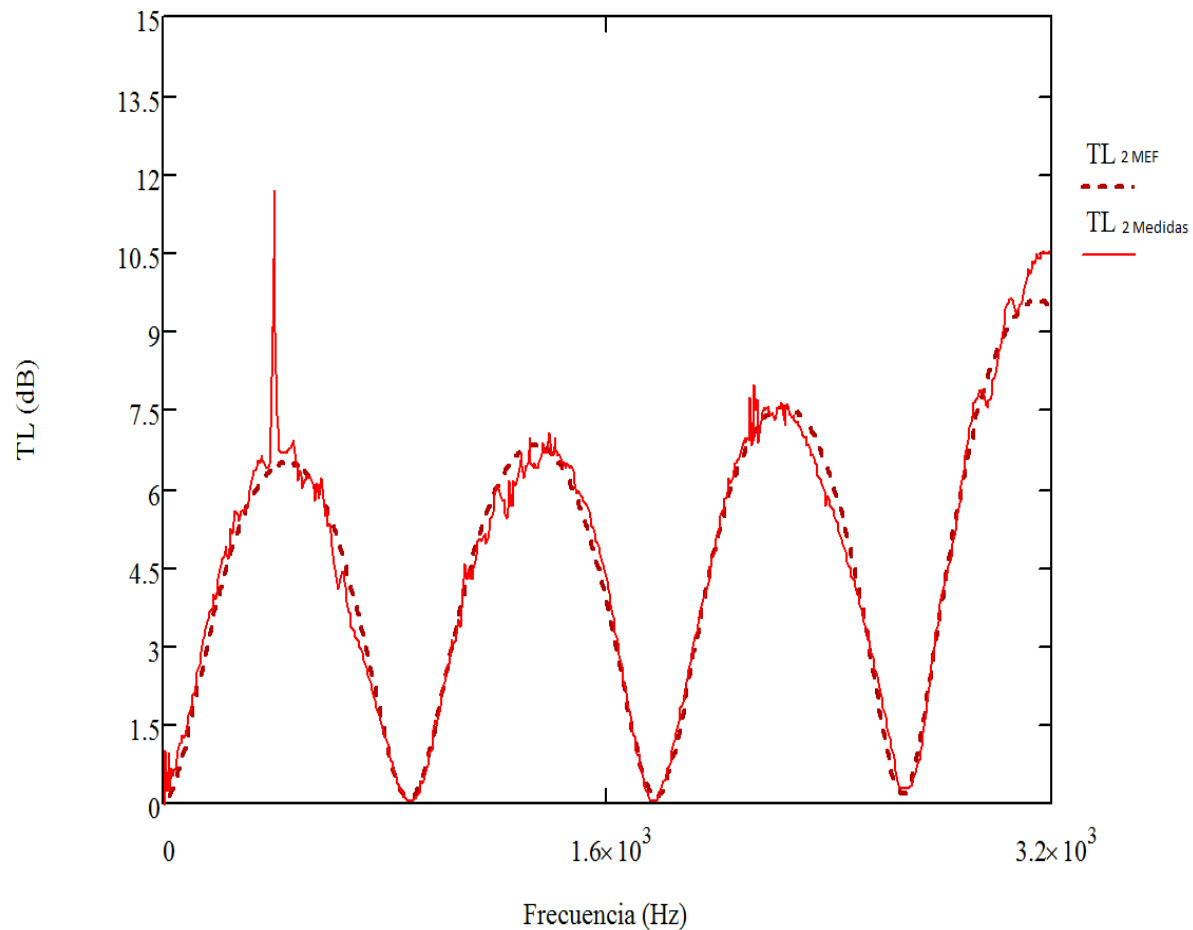
$$\left. \begin{array}{l} c_0 = 340 \text{ m/s} \\ \rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right\} T^a = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$
$$\mu = 0 \longrightarrow \text{Fluido ideal}$$

#### Ensayos

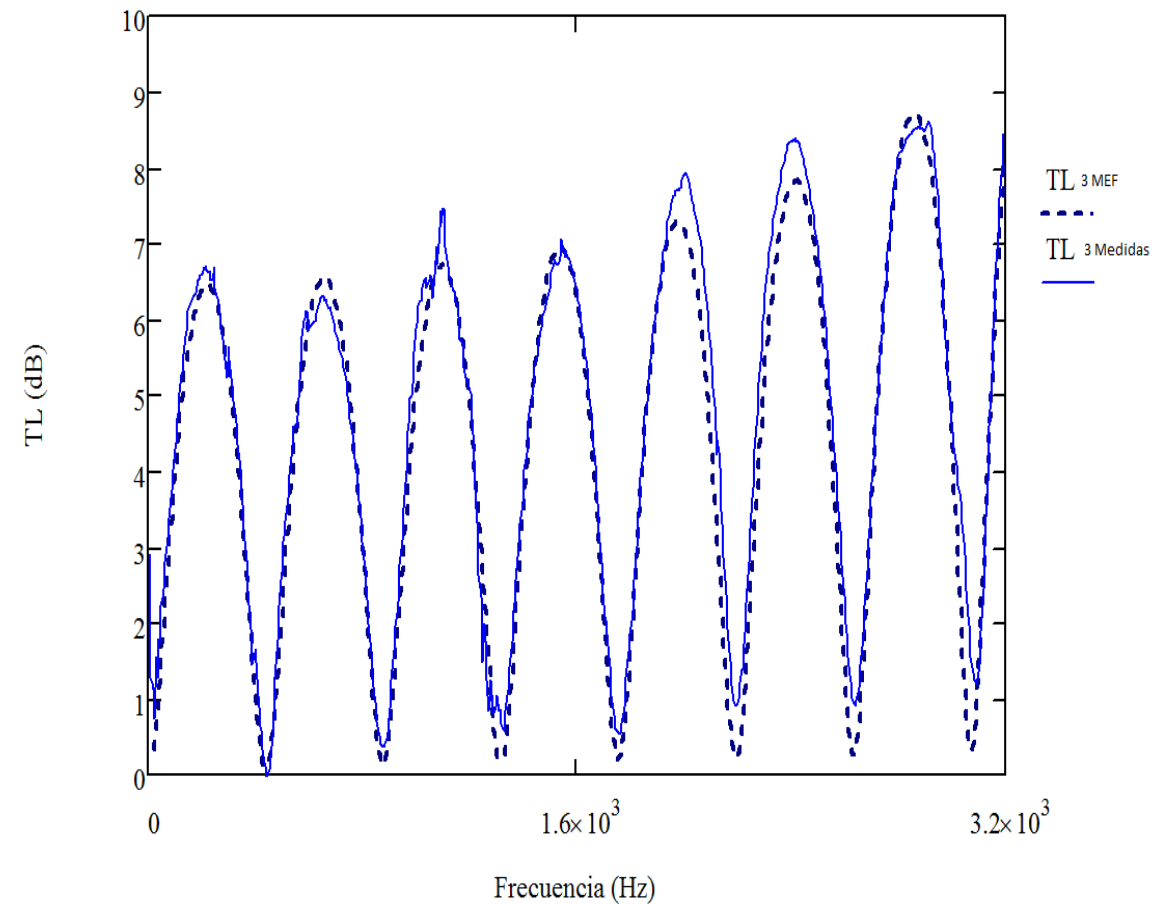
	$T^a$ [°C]	$\mu$ [N s/m <sup>2</sup> ]
Cámara 2	28,6	$1,854 \cdot 10^{-5}$
Cámara 3	30	$1,861 \cdot 10^{-5}$
Cámara 4	28,7	$1,855 \cdot 10^{-5}$
Cámara 5	28	$1,852 \cdot 10^{-5}$

# 3. COMPARACIÓN. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE

TL. Elementos Finitos y Experimental.



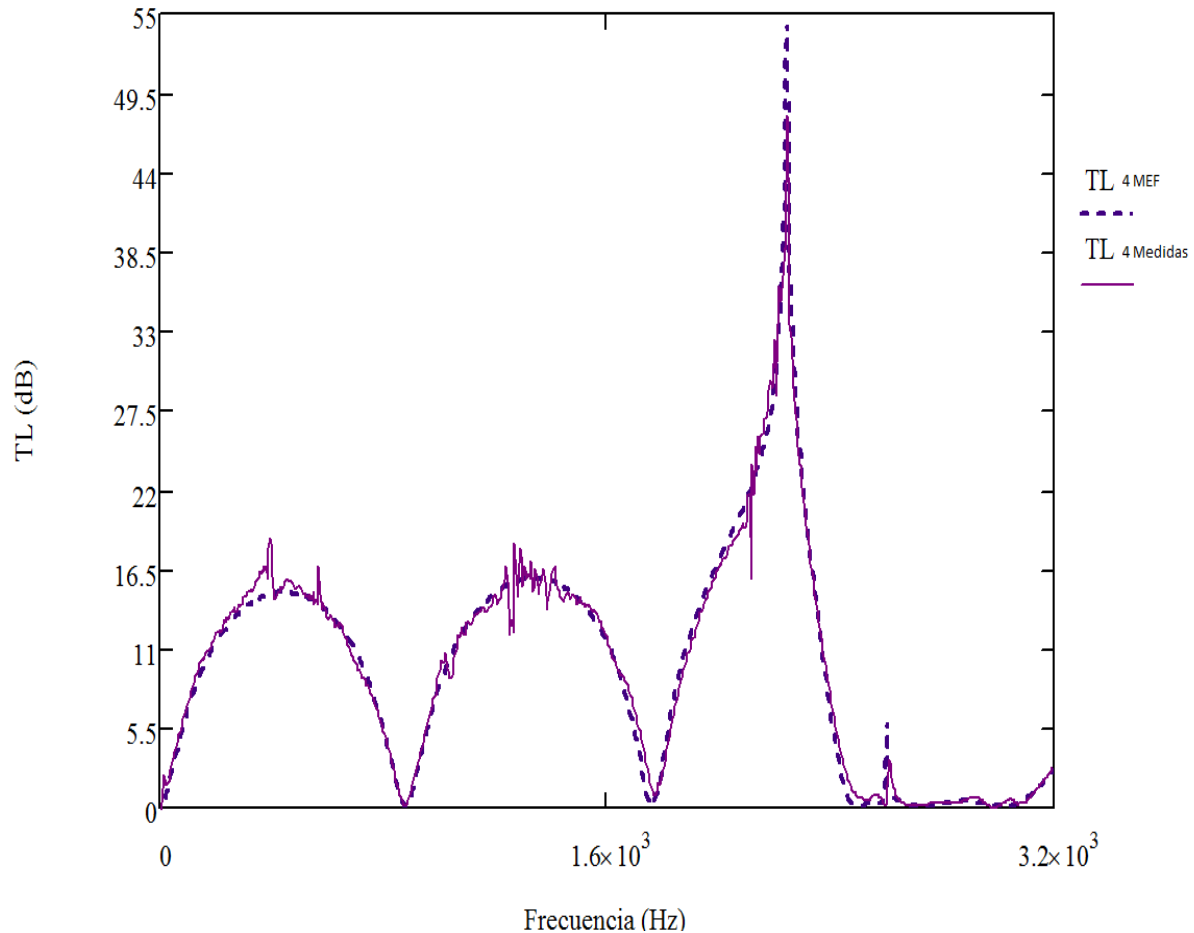
TL. Elementos Finitos y Experimental.



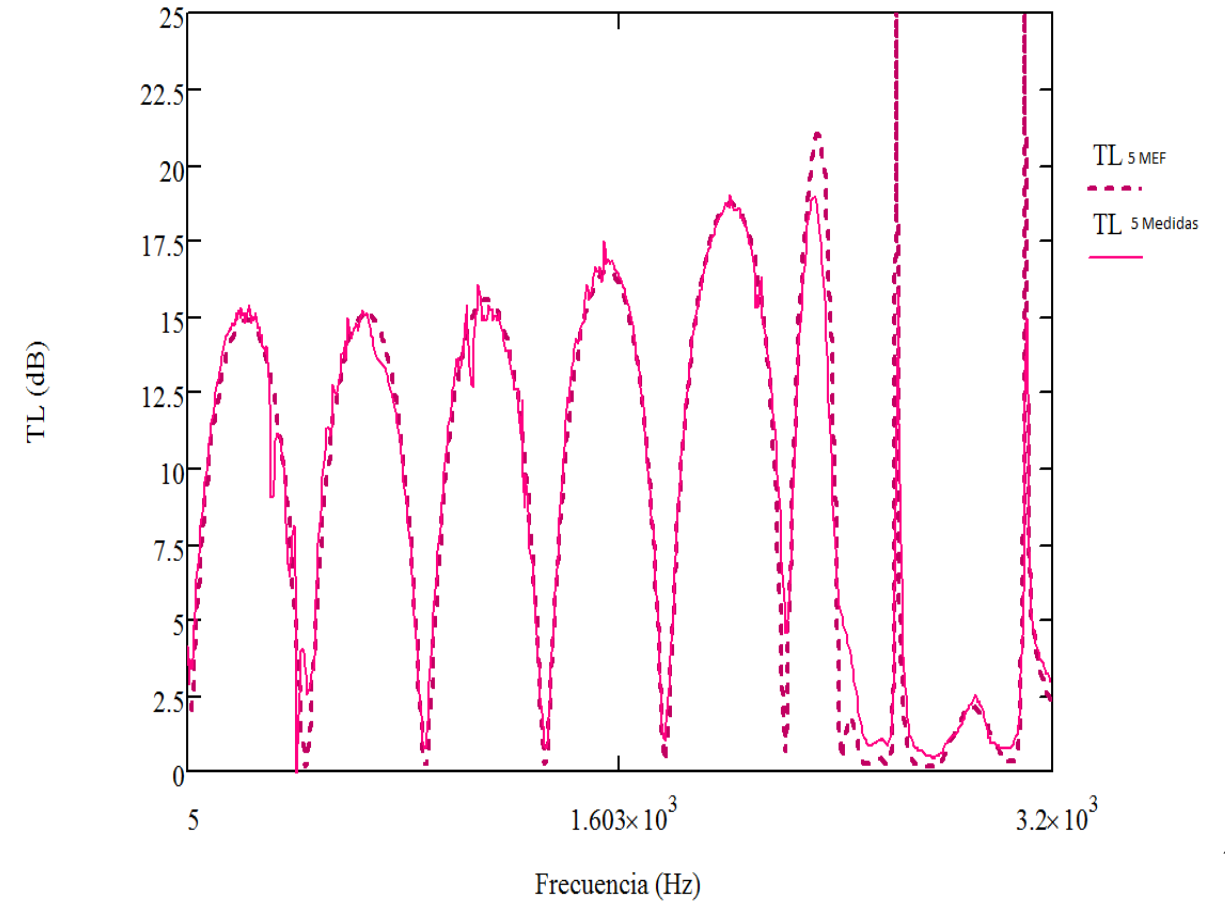


# 3. COMPARACIÓN. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE

TL. Elementos Finitos y Experimental.



TL. Elementos Finitos y Experimental.



## 4. CONCLUSIONES

- La ecuación de OP es un modelo sencillo que sirve para realizar un diseño inicial.
- MEF es un método más laborioso pero da resultados más precisos.
- En la comparación del MEF con el experimental se observan cúpulas desplazadas y la atenuación real no llega a anularse en las bandas de paso. Por lo que deben emplearse las características reales del aire.
- MEF teniendo en cuenta las características reales del aire da resultados óptimos.

## 5. PRESUPUESTO

Concepto	Importe (€)
Mano de Obra	9.552
Amortización del Hardware y Software	2.879
Gastos generales	1.241,76
<b>Subtotal</b>	<b>13.672,76</b>
IVA (21 %)	2.871,27
<b>Total</b>	<b>16.544,04 €</b>



GRACIAS POR SU ATENCIÓN