

CARACTERISTICAS ACUSTICAS DEL PIANO COMO "FUENTE MUSICA"

A. Giménez Pérez, Dr. Ingeniero Industrial
A. Marín Sanchis, Ingeniero Industrial
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE FISICA APLICADA
Apartado 22012 - 46017 VALENCIA

Resumen

El primer paso para el análisis y diseño de Salas de Conciertos es el conocimiento del campo sonoro y como base para ello el conocimiento de la fuente sonora.

En este trabajo se expone el estudio y análisis realizado en el Salón de Actos del Centro Cultural C.A. de Valencia sobre la fuente musical "PIANO", para diferentes motivos y estilos musicales, en todo el rango válido (de interés) de frecuencias para este instrumento.

Introducción

En el estudio acústico de un instrumento debe tenerse en cuenta que la señal emitida es aleatoria, no estacionaria y su recepción depende de variables tales como: orientación, situación del instrumento, composición musical, características del intérprete, etc.

Entre los investigadores que trabajan en este campo destacamos a Thfoin¹, Nakamura², Meyer-Angster³, Kubota-Nagai⁴, Spencer⁵ y Teranishi⁶ por sus estudios sobre el piano en diferentes condiciones (orientación, posición, ángulo de elevación, etc.) cuyas aportaciones nos han servido como base comparativa de los resultados obtenidos en los ensayos realizados con el piano en la sala de conciertos indicada.

Características del ensayo

La experiencia se realizó en diferentes puntos distribuidos sobre la zona de audiencia del Salón de Actos del C.C.C.A.V., sala de geometría irregular, con un aforo de 298 butacas. El estudio acústico teórico y experimental está incluido en la tesis doctoral referenciada en ⁷.

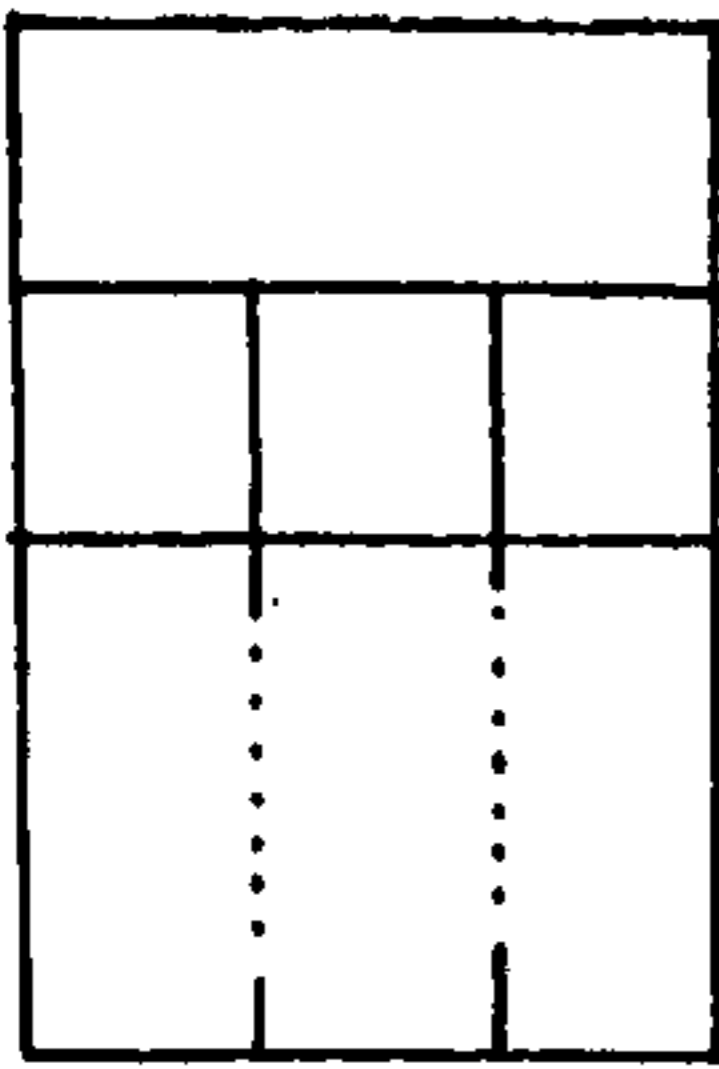
La toma de medidas se efectuó mediante un registrador magnético de precisión, tratándose posteriormente esta información en un analizador de frecuencias de banda estrecha que proporcionó los correspondientes niveles de presión acústica, en tercios de octava.

La grabación en cada punto se hizo durante un tiempo suficiente lo cual nos permitió realizar el análisis en fragmentos temporales de 30 segundos, pudiéndose así realizar un barrido completo de la grabación en todo el rango de frecuencias de interés (200-6300 Hz).

La obra musical interpretada fue de F. Listz.

Resultados del ensayo

Las medidas se realizaron en 6 puntos distribuidos en la zona de audiencia: puntos 1,3 localizados en la parte posterior, puntos 5,11 localizados en la zona central de la sala y los puntos 7,9 en la parte central izquierda y derecha respectivamente.



FRECUENCIA CENTRAL EN OCTAVAS (HZ)

FRECUENCIA EN TERCIOS DE OCTAVAS (HZ)

NIVELES DE PRESION ACUSTICA (dB)

RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A. - PIANO																				PUNTO 1	
125			250			500			1000			2000			4000			8000			
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000		
51.8	43	43.3	42.2	67.3	66.5	59.2	70.4	63.8	68.5	65	57.1	54.5	51.1	42.5	39.3	29.5	19.8	--	--		
	52.9			69.9			71.5			70.3			50.3		39.8						
54.5	55.4	69.5	60.5	74.3	71.4	70	72.3	70.9	70.7	63.3	60.7	59.7	57.8	51	40.3	39.6	34.7	26.3	--		
	69.8			76.2			75.9			71.8			62.2		47.4						
51.9	58.8	63.1	58.2	70.6	67.5	70.5	74.1	64.9	68.4	64.0	59.9	57.5	54.8	47.7	43.3	35.4	27.5	18.6	--		
	64.7			72.5			76			70.3			59.7		44						
62.9	61.9	67.2	71.3	73.5	72.1	75	76.1	74.5	72.0	71.3	68.4	65.3	60.4	56.2	51.1	45	38.4	33.7	24		
	69.4			77.2			80			75.9			66.9			52.5		34.1			
50.5	64.9	65.9	66.2	75.6	69.5	72	67.2	65.9	66.7	61.3	59.9	56.2	53.9	43.6	38.4	25.7	21.5	--	--		
	68.7			76.9			74			67.8			58.4		38.7						
65.8	67.7	72.7	73.2	80	77.1	75.6	78	75.7	76	73.9	71.5	71.5	68.8	66.6	61.1	49.6	44.1	39.7	28.2		
	74.5			82.4			81.4			78.9			74.2		61.5		40				
52.3	58.4	63	55.3	73.2	72.6	70.3	72.8	72.8	72.5	66.9	62.6	60	56	49.3	44.3	30.1	26.1	23.1	--		
	64.6			76			76.9			73.9			61.7		45						
52.8	51.6	66.6	69.6	79.3	75.5	74.8	77.5	74	73.7	69.3	66.2	65.3	61.8	54.5	50.8	41.9	34.9	20.5	--		
	60.9			81.1			80.5			75.6			67.1		51.4						
61	60.1	71.6	70.4	75.9	73.3	71.8	73.6	71.2	71.7	70.6	66.7	65.5	63.8	59.5	51.2	46.7	43.7	37.9	30		
	72.9			78.5			78.1			74.9			68.1		55.6		38.6				
67.1	72.2	77.3	76.2	81	79.5	78.4	76.9	77.4	78.3	76.1	73.1	71.6	69.9	63	58.7	53.6	48	43.5	36.9		
	78.8			84.1			82.4			80.6			74.2		60.1		44.4				
67.7	70.6	74.8	74.7	81	78.6	77.9	80.8	78.3	78.8	76.4	73.7	71.5	68.1	63.2	59	52.5	46.8	41.4	33.5		
	76.8			83.6			84			81.6			73.6		60.1		42.1				
62.5	64.8	70.3	71.8	78.6	74.2	75	76.3	72.6	73.1	70.8	69.4	68	66.3	57.3	52.3	44.9	40	30.9	24.2		
	71.9			80.6			79.7			76.1			70.5		53.2		31.7				
52.1	48.9	53.3	51	52.7	53.1	54.8	59.8	62.6	55.9	46.7	45	30.7	37.4	27.5	24.5	--	--	--	--		
	56.6			57.1			64.9			56.7			40.3								
51.7	55	59.2	57.8	65.9	63.5	62.5	60.5	59.8	57.5	50.1	46.6	47.7	38.2	27.6	19.6	--	--	--	--		
	61.1			68.3			65.9			58.5			48.2								
51.6	42.6	41.7	41.3	62.7	61.2	65.3	69.3	69.7	68.5	63.7	57.8	52.5	50.2	43.3	38.2	30.1	21.6	--	--		
	52.5			65			73.3			70			54.8		38.9						
60.7	70	73.7	73.4	79.7	77.9	76.2	78.7	77.4	77	71.3	70	68.2	65.1	60.3	55.8	48.7	40.6	31.9	--		
	75.8			82.5			82.3			78.7			70.4		56.7						
67.5	76.4	72.9	75.8	69.6	78.2	78.4	80.5	77.5	78.8	76.5	74.6	72.6	70.7	64.7	59.1	52.8	43.4	37.7	22.9		
	78.4			80.5			83.8			81.7			75.2		60.1		37.8				

Figura 1

RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A. - PIANO																				- PUNTO 3 -	
125			250			500			1000			2000			4000			8000			
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000		
58.3	64.2 70.4	68.8	68.7	71.6 75.3	70.9	72	77.9 79.8	72.5	69.7	66.6 72.2	64.2	62.9	58.3 64.5	52.3	48.4	40.8 49.1	28	--	--		
61.1	69.6 74.6	72.7	79.7	80.5 85.3	81.2	76.8	81.8 83.7	75.7	75.2	73.5 78.1	69.6	68.5	64.8 70.4	59.8	50	48.5 56.8	39.7	32.3 32.4	13.8		
62.1	70.1 73.6	73.6	78.3	80.9 84.5	79.7	76.5	83.1 84.7	76.8	78.1	76.7 81.1	72.1	70.8	67.5 73.5	66.9	59	52.7 60	43.5	39.2 39.4	24.8		
51.9	55.6 60.8	58.3	63.5	68.1 70.7	64.8	71	67.1 73	63.4	61	58.2 63.3	53.6	51	45.3 52.1	35	29.4	--	--	--	--		
52.2	45.6 60.8	60	70.1	69 74.5	70.1	71.1	72.5 76.2	70.4	68	69.4 72	59.4	59.8	57.1 62	50.6	47.3	41.2 48.4	32.9	28.7 28.9	15.6		
58.9	58.7 67.8	66.5	71.7	73.1 77	71.8	76.8	76.1 80.2	72.2	73.7	69.2 75.5	65.2	63.6	60.8 65.9	55.6	51.1	46.2 52.6	40.2	29.4 29.6	16.8		
54.9	53 60	57	69.3	69.4 74.3	70	71.9	73.7 77.3	71.8	70.8	69.7 73.8	64.6	61.4	63.2 65.8	54.6	46.1	40.9 47.5	34.1	24.1	--		
57.4	48.8 63.7	62.4	70.7	69.6 74.5	68.8	75.1	74.1 78.2	69.4	68.1	68 71.8	63.6	62.4	57.1 63.9	53.3	45.9	36.2 40.4	25.9	--	--		
52.4	44.4 50.4	53.7	59.1	60.1 67.1	65.1	68.3	68.3 72.2	65	63.3	59.1 64.9	51	51	47.9 52.9	39	36.2	27.1 30.8	19.3	--	--		
52.6	63.9 67.1	63.9	68.9	74.2 78.3	75.3	75.2	74.7 79.7	74.9	74.2	73.4 77.3	67.1	65.4	61.1 67.2	57.1	52.8	45.4 53.8	41.2	30.4	--		
50.8	56.1 59	54.2	62.5	67.2 69.6	63.4	73.4	66.9 75	66.8	68.9	61.2 70.2	61.5	58.2	53.7 60.1	50.8	47.9	38.1 48.5	34	28.8 29.1	17.4		
51.6	45 63.7	63.4	64.9	75.8 77.7	72.4	74.7	74.8 79.1	73.4	74.5	75.8 78.6	67.8	67.9	65.2 70.1	59.1	53.5	45.6 54.3	39.7	34 34	13.8		
51.7	42.8 57.5	55.9	61.6	67.8 70.4	65.5	70.5	66.6 74.2	70.1	71.6	62.1 72.3	59.3	63.3	49.9 63.6	45.6	44.7	32.8 45	27.3	20.4	--		
53.7	30.7 58	55.9	61.7	63.3 69.1	66.6	67.8	66.9 72.1	67.2	71.9	63.9 72.8	60.4	62.7	50.1 63	43.4	46.2	33.3 46.5	25.8	22.6	--		

Figura 2

RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A. - PIANO																				- PUNTO 5 -	
125			250			500			1000			2000			4000			8000			
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000		
46.9	53.3 62	61	63.4	62.9 73	72	69.1	69.9 74.6	70.4	70.8	65.4 72.2	60.1	61.9	47.2 62.2	48.6	43.4	37.3 44.5	30.2	17.8	--		
69	66.6 74.8	72.4	75.4	76 81.2	77.6	76.4	69.6 28.8	73.5	72.8	69.8 75.2	66.5	65.5	62.1 67.4	55	50	44 51.2	37.2	27 27.5	18.2		
62.1	63.6 72.5	71.4	72.8	73.4 79.5	76.8	75.6	75 79.3	72.2	72.5	70.2 75.5	68.5	69.6	63.5 72.3	67.5	51.7	45.4 53	42.5	29.7 30.6	23.4		
54.3	58.7 65.8	64.5	66.6	68.6 75.5	73.8	73.7	71.3 77	71.2	70.6	67.2 72.9	64.6	64.9	61.4 67.1	58.3	50.7	40.2 51.2	34.4	19.6	--		

Figura 3

RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A.- PIANO - PUNTO 7 -																			
125			250			500			1000			2000			4000			8000	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
65.1	62.7	66.9	66.3	69.7	71.7	71.7	66.7	67.4	65.5	63.1	65.6	64.4	64.4	62	49.4	40.4	40.2	20.5	—
	68.3			74.5			74			69.6			68.5			50.4			
58.6	55.6	62.4	65.4	69.9	69	71.8	69	69	72.2	67.3	65.5	63.7	58	52.3	48	36.2	33	—	—
	64.5			73.3			74.9			74.1			65			48.4			
53.8	50.4	49.3	55.3	57.6	60.4	62.7	61.3	51.9	58.1	48.2	46.2	43.2	36	31.1	22.7	—	—	—	—
	58.8			63			65.2			58.8			44.2						
51.7	50.7	54.9	58.2	58.8	61.4	60.3	61.3	64.4	64.5	60.6	59.3	46.7	41.4	34.6	28.1	23.5	13.6	13.9	15.1
	57.6			64.5			67.1			66.8			48			29.5			17.6
57.5	54	55.4	58.2	63.1	65	65.6	65.4	64.2	65.2	64.9	64.1	56.5	48.9	45.9	38	32.1	27.4	18.2	14.8
	60.6			67.7			69.9			69.5			57.5			39.3			19.8
63.4	65.1	64.9	66.3	71.6	74.3	72.9	69.5	69.7	71.4	68.9	69.3	68.6	64.3	58.7	51.4	44.3	40.6	29.7	25
	69.3			76.6			75.8			74.6			70.3			52.5			31
67	69.2	66.9	70.1	73.9	73.1	77.2	73.3	70.7	70	71.9	69.5	72.9	68.4	56.6	55.3	49.6	42.2	34	22.9
	72.6			77.4			79.3			78.1			74.3			50.5			34.3
67.7	63.8	63	70.4	73.7	73.4	74.7	72.7	67.5	72	71.8	70.3	68.2	68.1	57.6	51.6	46.5	40.9	31.8	13.8
	71.1			77.5			77.3			70.2			71.3			53			31.9
50.4	55.6	57.1	57.1	67.1	66.7	69.1	67	64.2	68	61.5	61	55.1	50.8	46.3	41.5	33.5	24.6	—	—
	59.9			70.1			72			69.4			50.9			42.2			

Figura 4

RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A.- PIANO - PUNTO 9 -																			
125			250			500			1000			2000			4000			8000	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
53.4	57.3	55.4	61	66	66.1	70.4	66.3	67.9	66.9	62.6	60.6	58	51.8	48.7	41.7	35.9	30.9	13.8	—
	60.4			69.7			73.3			69			53.5			43			
52.7	60.1	61	65	69.4	72.4	74.5	71.9	72.6	73.9	71.3	65.7	61.8	60.4	53.8	50.6	44.9	40.6	32.1	23.1
	63.9			74.7			77.9			76.2			64.5			52			32.6

Cabe señalar que el no seguimiento de un orden en esta numeración se debe a que ésta se ha establecido para discretizar toda la zona de audiencia en 52 puntos y las medidas se han realizado en las zonas indicadas únicamente.

Los resultados obtenidos se indican en las tablas de las figuras 1, 2, 3, 4, 5, y 6, correspondiendo a los siguientes motivos musicales:

- Punto 1- Variaciones sobre un motivo de Bach
- Punto 3- Sonetos de Petrarca: 47, 104, 123
- Punto 5, 7, 9- Sonata en SI menor
- Punto 11- Sonetos de Petrarca: 47, 104

Como puede observarse, cada punto tiene diferentes valores de niveles para cada frecuencia, con diferencia entre ellos según el fragmento musical analizado en cada composición, puesto que la obra musical no tiene un valor continuo en el tiempo. Así, dada la gran variabilidad de la fuente

musical, para poder simularla como fuente de determinada geometría, se ha definido un —Nivel Equivalente— a partir de los resultados de las medidas como:

“Nivel de intensidad que de forma continua aporte la misma potencia que la obtenida por mediciones realizadas en cada punto de la sala”.

Este nivel será único en cada punto para cada frecuencia y permitirá la “simulación” de la música por su comparación con fuentes de geometría determinada.

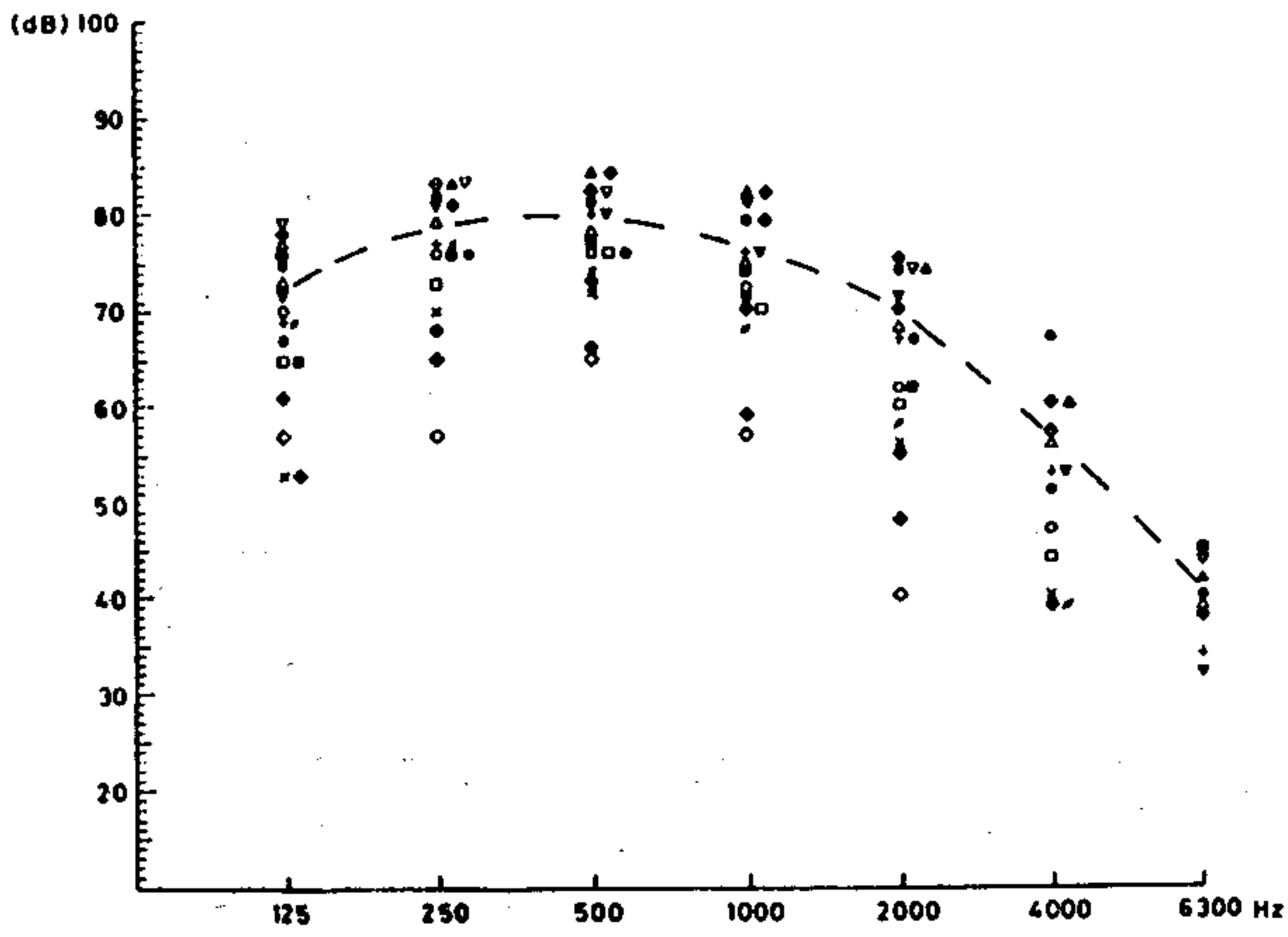
Los niveles equivalentes obtenidos se resumen en la tabla de la figura 7.

En las figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se ha representado para cada punto los niveles medios y el nivel equivalente. Los diferentes símbolos indican el nivel para cada fragmento y la curva punteada representa el nivel equivalente.

RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A.- PIANO																		- PUNTO 11 - SONETO 47	
125			250			500			1000			2000			4000			8000	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
61	60.9 67	64.1	68.3	68.8 74.3	70.9	74.4	67.6 70	68.3	68	63.2 69.8	60.7	56.9	54.9 59.6	50.3	44.4	38.2 45.4	27.4	15.5	--
54.3	59 66.3	65.1	67.5	67.4 74.7	72.7	77.4	66.8 78.2	68.2	71.6	68 73.7	64.4	62.7	61.3 65.3	53.2	47.7	43.8 49.3	33.2	23.5 23.7	10.7
47	53 54.9	47.7	50.6	59.9 70.9	70.4	71.1	60.6 72.1	63.5	64.6	60.8 67.4	61.3	57.4	56.6 60.2	46.1	39.9	37.6 42	24.8	22.2	--
62.7	50.8 64.9	58.7	67.6	64.8 74.4	72.8	70.2	67.4 72.7	64.4	63.9	60.3 66.1	57.2	57.3	53.6 59.3	49.5	42.2	33.8 42.9	26.1	--	--

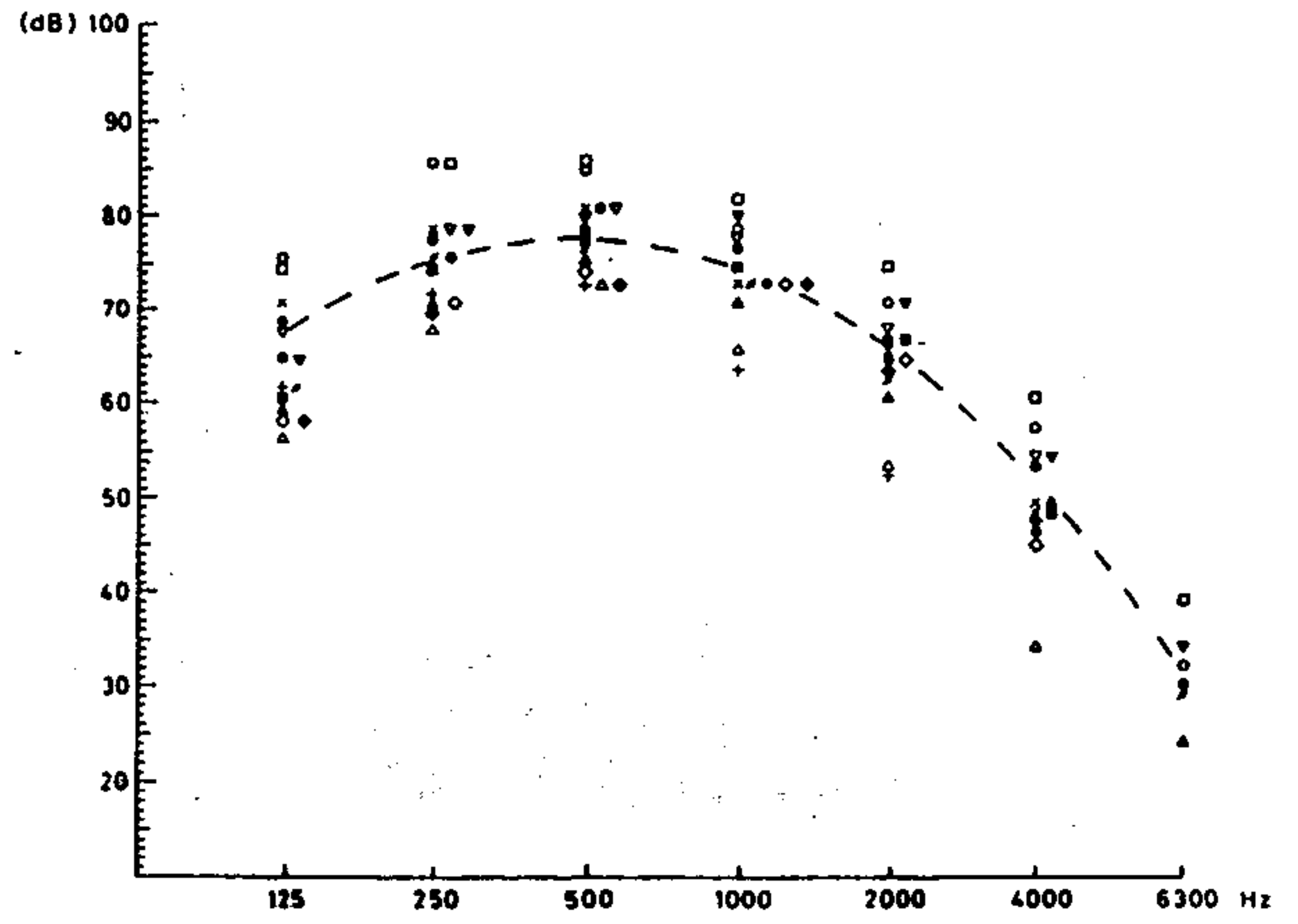
RESULTADOS DE MEDIDAS EN SALON DE ACTOS C.C.C.A.- PIANO																		- PUNTO 11 - SONETO 104	
125			250			500			1000			2000			4000			8000	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
49.6	53.4 56.9	52.6	59.3	62.4 70.6	69.5	68.6	57.5 71.4	67.7	62.8	50 64.1	54.7	50.7	48.4 53.3	47.7	38.7	28.6 39.3	25.5	--	--
49.9	53.5 57	52.7	59.4	62.5 70.5	69.5	68.6	57.6 71.3	67.6	58.8	56.2 61.7	54.8	53.9	50.4 55.9	45.3	39.4	32 40.2	23.7	24.3 24.7	13.8
57.2	62.9 65.9	61.6	65.2	67.8 73.8	71.6	71.1	63.5 72.8	65.8	70.1	64 71.6	62.1	55.8	51.1 57.8	49.5	40.6	36.5 42.2	29.4	22.2 23.2	16.2
59	66.5 69.1	64.6	69.5	74.1 79.2	76.8	75.8	70.6 77.9	71.2	72.4	71.2 75.9	69	65.8	63.7 68.5	59.3	51.2	43 52.3	39.7	27.1 27.5	17.3
60.4	63.1 67	62.6	67.8	68.6 75.2	72.9	74.5	65.8 75.6	67.5	74.4	70.2 76.7	69.4	68	65.8 70.5	60.3	54	45.1 54.7	39.5	24.9	--
58.4	50.9 61	56.6	58.5	66.6 71.7	69.8	71.8	68.1 73.8	63.9	63.4	58.6 65.5	57.8	54.9	53.1 57.9	50.3	38.1	30.2 38.8	--	--	--
54.8	59.6 64.2	61.5	66.1	69.9 75.8	73.8	72	68.7 74.1	64.3	62	60.7 65.6	59.6	57.8	54.7 60.3	52.2	45.1	38.5 46.3	35.1	20.3	--
51.1	53.9 57.4	52.4	55	60.6 66.1	64.1	60.4	52.3 61.6	52.8	49.5	46.1 51.8	43.1	40.5	31.7 41.7	33	19.1	12.1 19.9	--	14	--

Figura 6



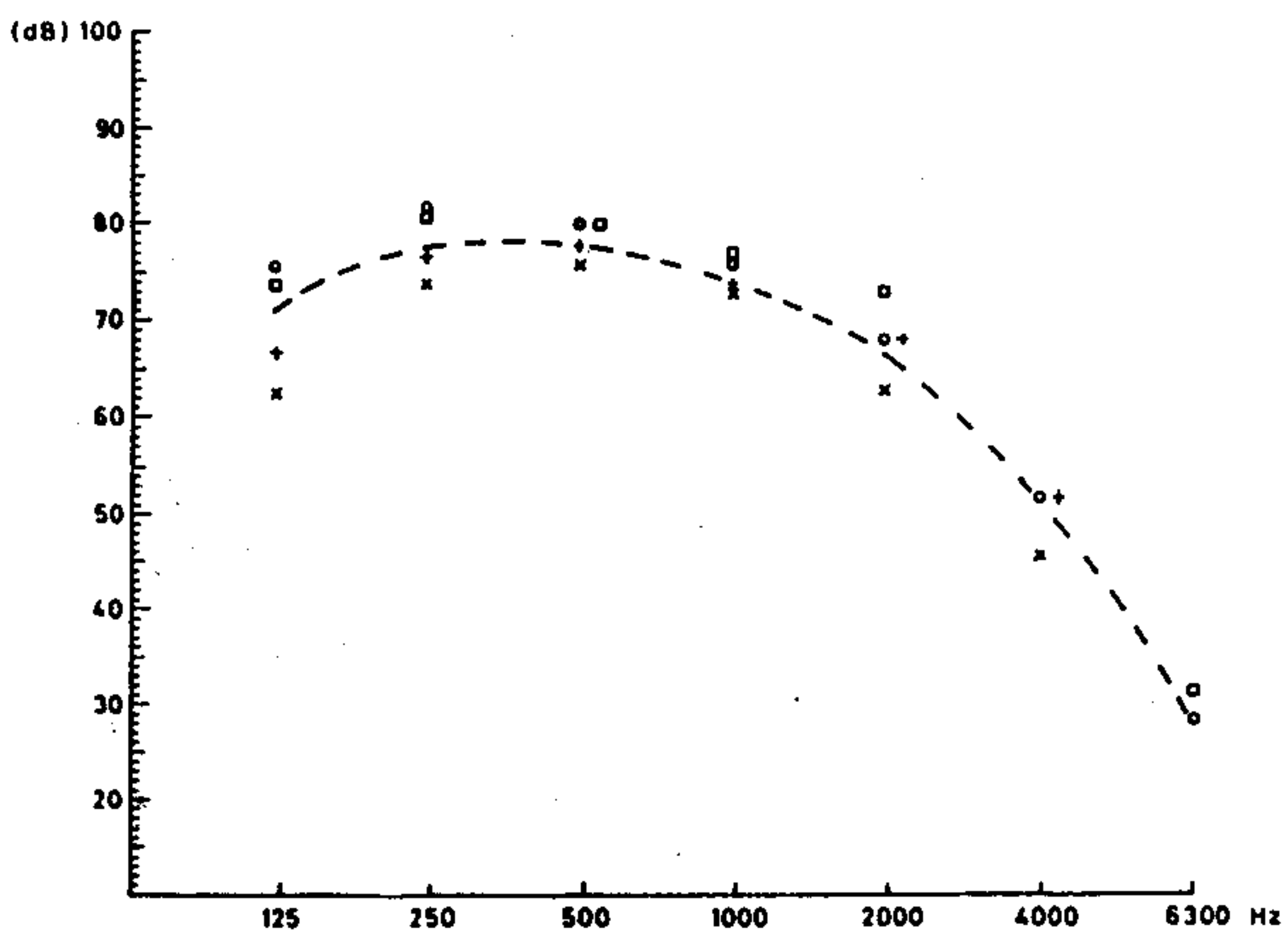
PUNTO 1

Figura 8



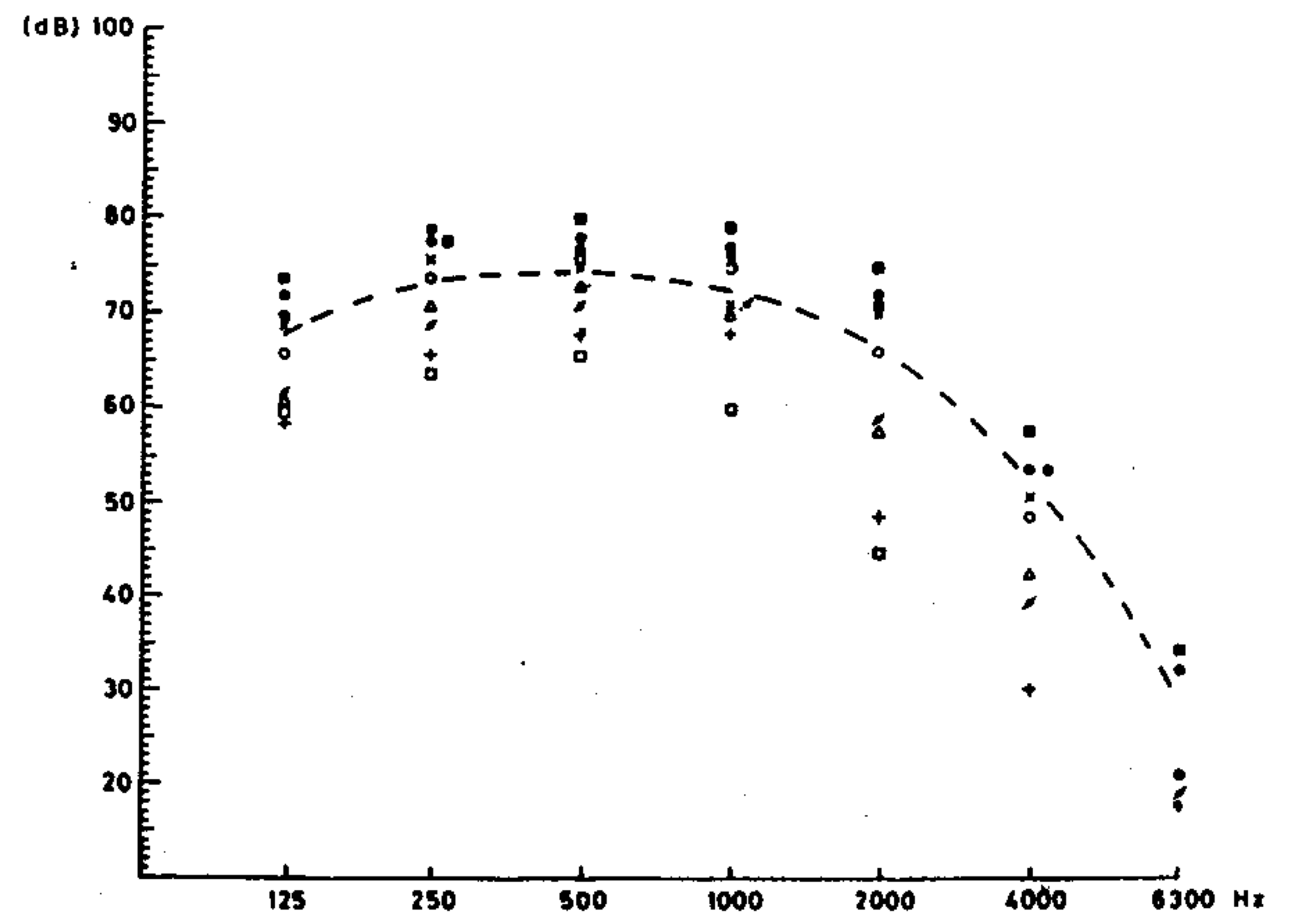
PUNTO 3

Figura 9



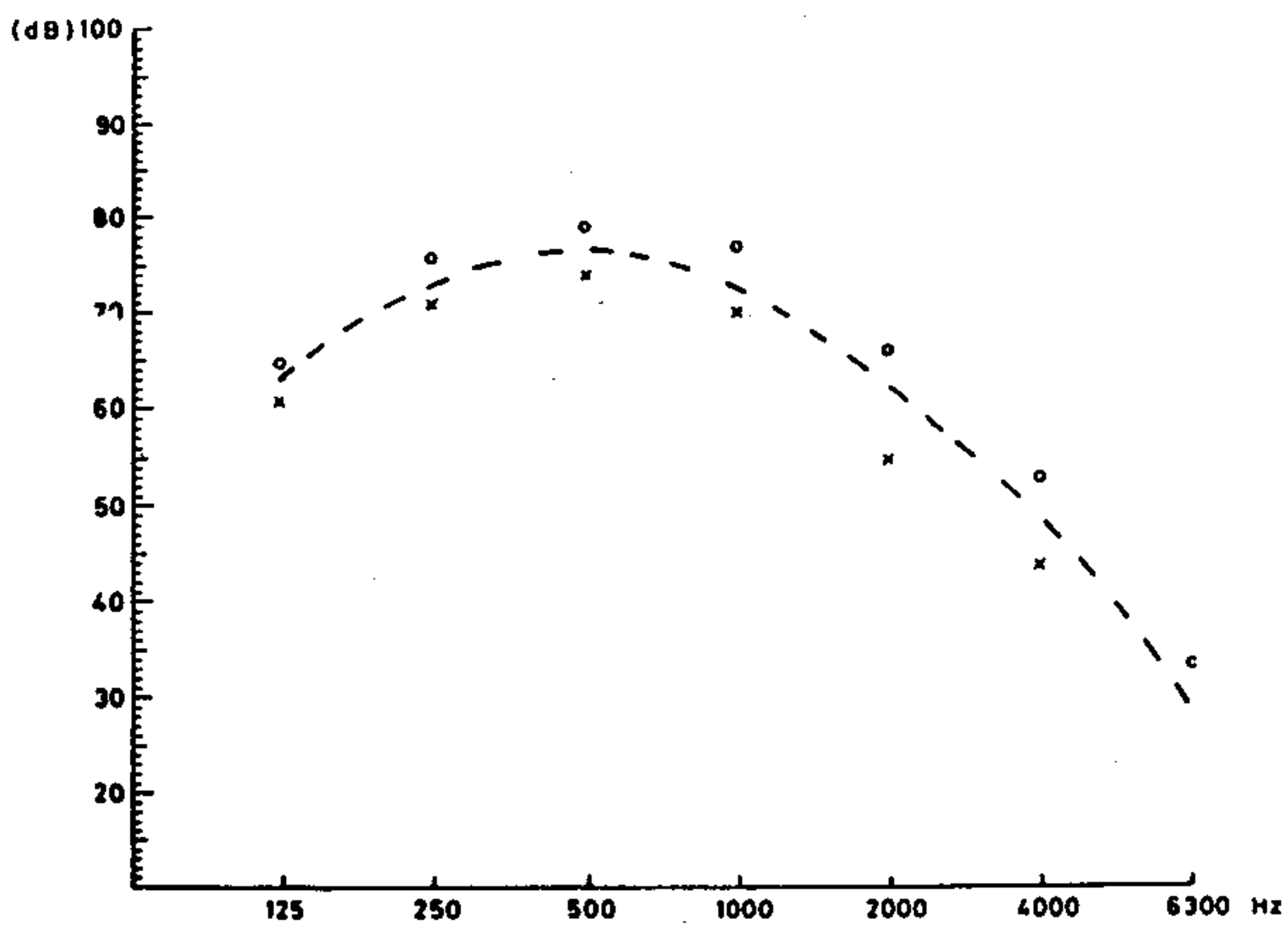
PUNTO 5

Figura 10



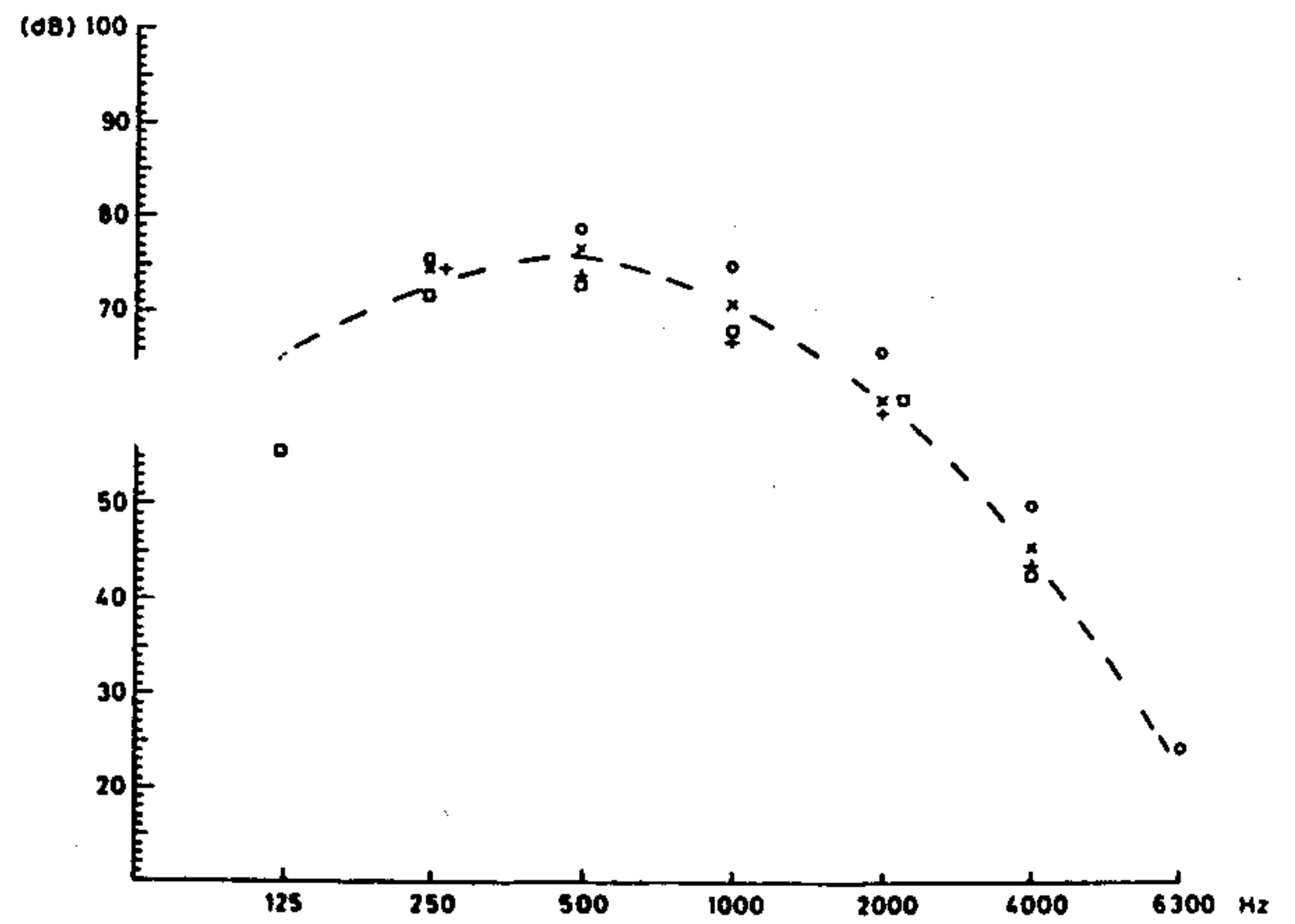
PUNTO 7

Figura 11



PUNTO 9

Figura 12



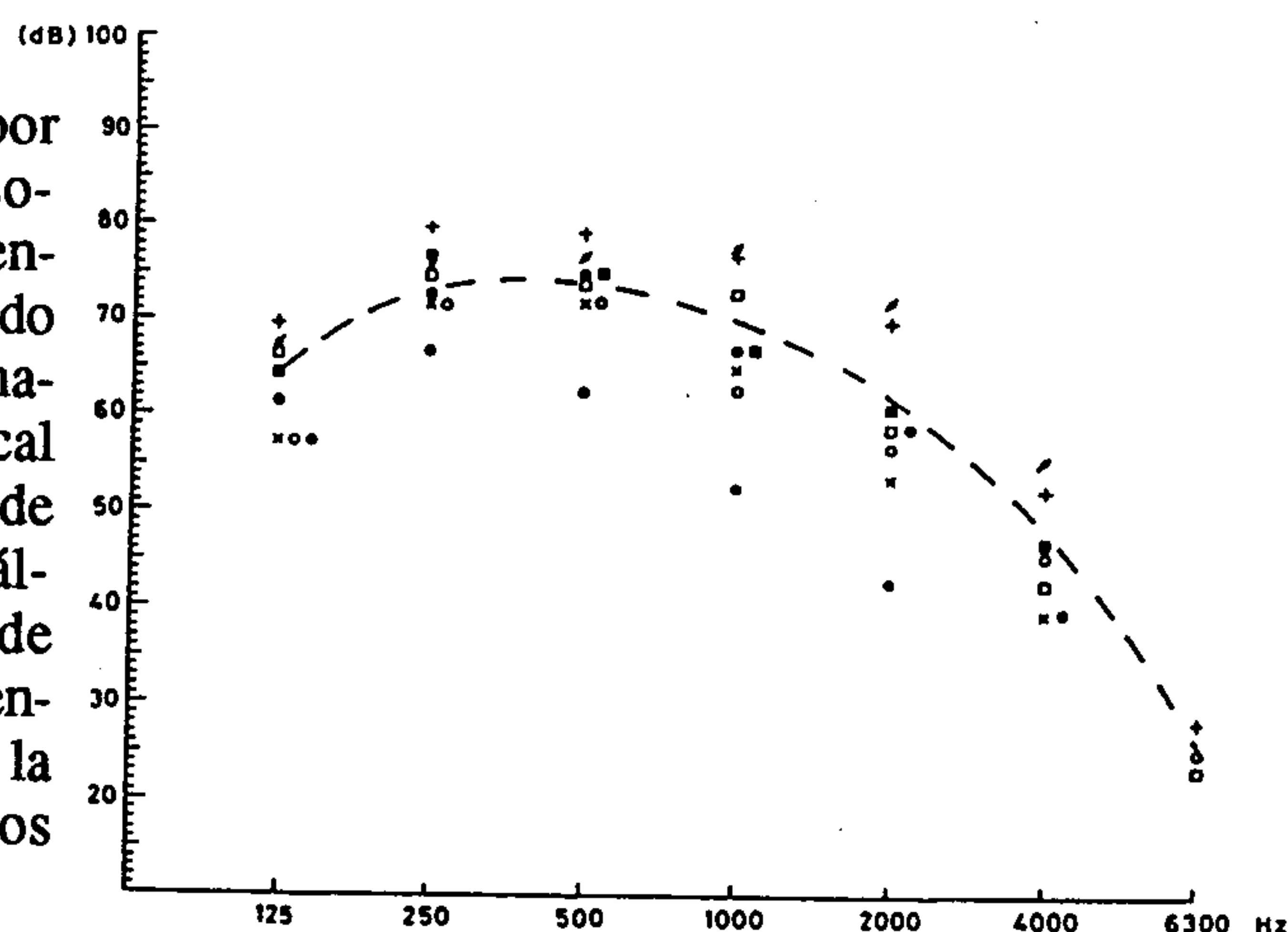
PUNTO 11

(SONETO 47)

Figura 13

Conclusiones

Se ha comprobado experimentalmente por frecuencias, la gran variabilidad de niveles sonoros para diferentes fragmentos musicales, dentro de la misma composición. Esto nos ha llevado a la consideración de un nivel equivalente que haga permisible la simulación de la fuente musical (piano), considerándola como fuente sonora de geometría definida. Consecuentemente los cálculos, diseño y mejoras acústicas en Salas de Conciertos se realizará mediante este tipo de fuente, a partir del modelo de cálculo, realizado para la determinación del campo acústico en recintos cerrados⁷.



PUNTO 11

(SONETO 104)

Figura 13 bis

Referencias

- (1) THFOIN, C. Laboratoire d'Acoustique. Université de Paris XI "La Directivité des Instruments de Musique, son importance dans la Conception ARchitecturale des Salles de Spectacle".
- (2) NAKAMURA, I. 11 ICA Paris. 1983. "The Vibrational Character of the Piano Soundboard".
- (3) MEYER, J. - ANGSTER, J. 11 ICA Paris. 1983. "Sound Power Measurement of Musical Instruments".
- (4) KUBOTA, H - NAGAI, Y. 12 ICA Canada. 1986. "The Kinematical Study the Initial Behaviour of Hammer Striken Piano String".
- (5) SPENCER, M.A. 12 ICA Canada 1986. "The Physical and Phycological Effect (s) of Lid Positions (s) of the Piano on Volume and on Harmonics".
- (6) TERANISHI, R. 12 ICA Canada 1986. "Endlessly Rising or Falling Chordal Tones which Can Be Placed on the Piano; Another Variations of the Shepard Demostration".
- (7) GIMENEZ, A. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, E.T.S.I.I., 1987. "Contribución al Estudio de la Acústica en Recintos Cerrados. Aplicación a Salas de Conciertos".