

Obra: Paraninfo, Universidad Nacional del Litoral.

Ubicación: Bv. Pellegrini 2750, Santa Fe

Documento: Asesoría en Acústica. Informe 1/2017. Resultados de las mediciones acústicas realizadas en el Paraninfo

1. Análisis de la situación existente

1.1. Condiciones de la sala

En el estado de la sala al 03/03/2017.

Sala vacía (no más de 1 persona a la vez).

Horario de la medición: 10:30 hs

1.2. Instrumental utilizado

El instrumental de medición utilizado se detalla a continuación. Los datos técnicos de cada dispositivo se adjuntan en el Anexo I.

Notebook

Marca y modelo: Lenovo T460
Serie: PC0BHYCR
Cantidad: 1

Medidor de nivel sonoro

Marca y modelo: Rion NL-27
Serie: 612718
Cantidad: 1

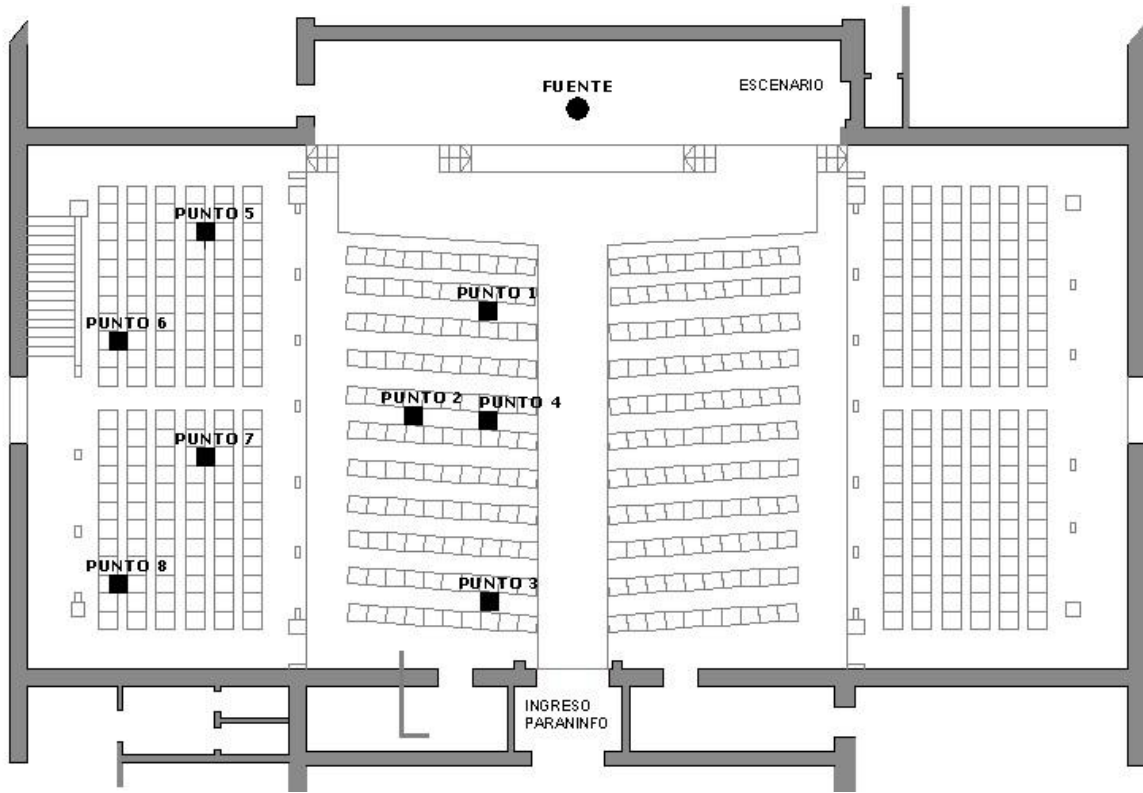
Grabador digital

Marca y modelo: Zoom H4n
Serie: 230144
Cantidad: 1

Conversor A/D y D/A

Marca y modelo: Focusrite Scarlet 6i6
Serie: S664191028247
Cantidad: 1

1.3. Esquema de posiciones de los micrófonos y las fuentes impulsivas



Altura de los micrófonos: 1,20 m

Resolución de procesado: 64 bits

1.4. Metodología para la medición de campo interior

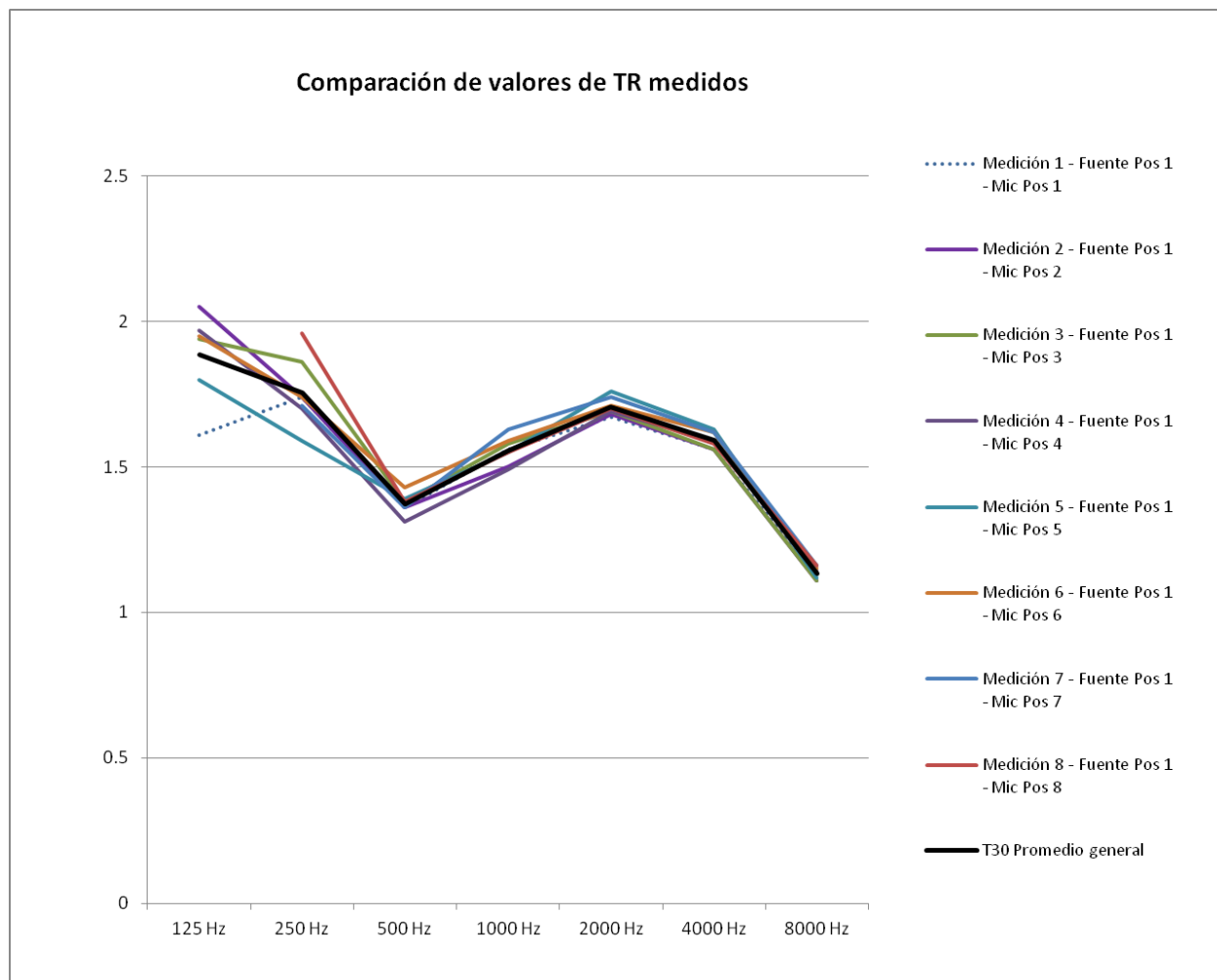
Se aplicó la metodología de medición recomendada en la norma ISO 3382/1997. Para la excitación de la sala se utilizó una fuente omnidireccional impulsiva (Globos perlados).

2. Resultados de las mediciones de campo interior y ruido

En el Anexo II se describen los parámetros acústicos cuyos valores se detallan a continuación.

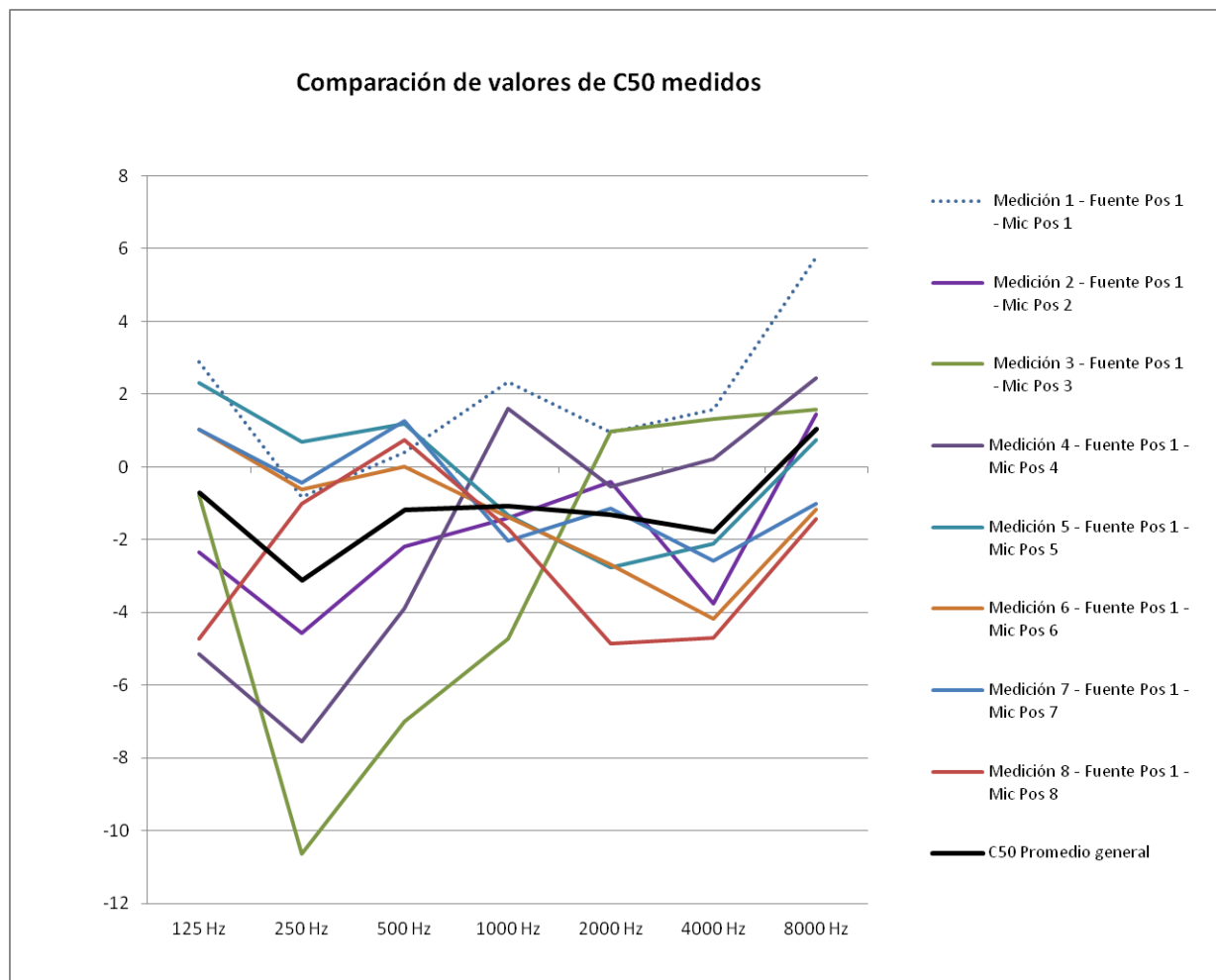
2.1. Tiempo de reverberación - TR 30

Frecuencia [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Medición 1 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 1	1.61	1.74	1.36	1.56	1.67	1.56	1.13
Medición 2 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 2	2.05	1.74	1.36	1.5	1.68	1.56	1.11
Medición 3 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 3	1.94	1.86	1.38	1.58	1.69	1.56	1.11
Medición 4 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 4	1.97	1.7	1.31	1.49	1.69	1.59	1.14
Medición 5 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 5	1.8	1.59	1.39	1.55	1.76	1.63	1.12
Medición 6 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 6	1.95	1.74	1.43	1.59	1.71	1.62	1.15
Medición 7 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 7		1.71	1.36	1.63	1.74	1.62	1.16
Medición 8 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 8		1.96	1.38	1.55	1.7	1.58	1.16
T30 Promedio general	1.89	1.76	1.37	1.56	1.71	1.59	1.14



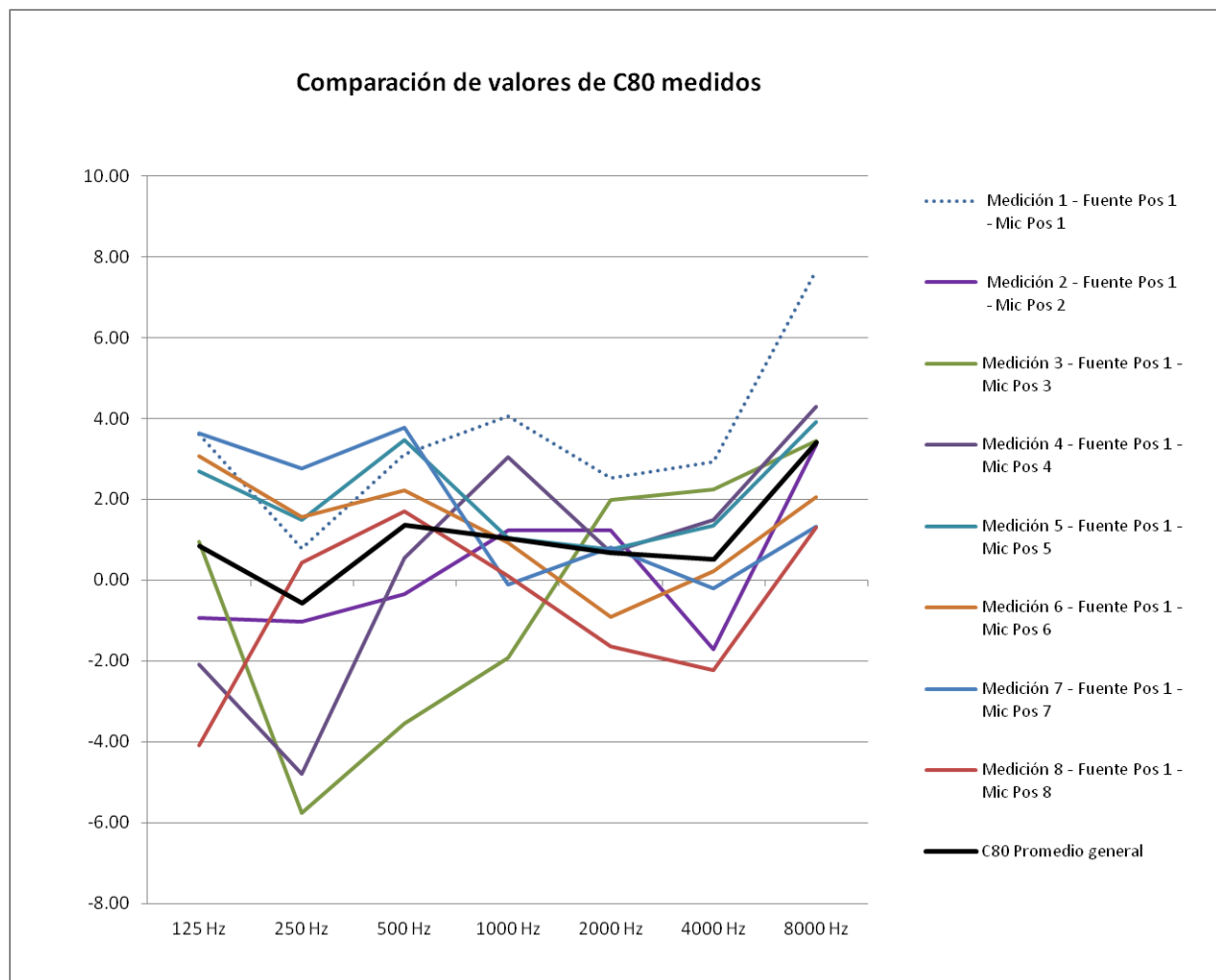
2.2. Claridad a 50 ms - C50

Frecuencia [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Medición 1 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 1	2.9	-0.83	0.39	2.34	0.94	1.57	5.76
Medición 2 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 2	-2.35	-4.57	-2.18	-1.4	-0.41	-3.75	1.45
Medición 3 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 3	-0.78	-10.63	-7.01	-4.72	0.99	1.32	1.57
Medición 4 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 4	-5.13	-7.55	-3.89	1.61	-0.55	0.22	2.45
Medición 5 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 5	2.32	0.68	1.19	-1.33	-2.76	-2.12	0.75
Medición 6 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 6	1.03	-0.63	0.01	-1.37	-2.68	-4.17	-1.16
Medición 7 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 7	1.02	-0.44	1.27	-2.04	-1.13	-2.57	-1.01
Medición 8 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 8	-4.72	-1	0.73	-1.69	-4.85	-4.71	-1.43
C50 Promedio general	-0.71	-3.12	-1.19	-1.08	-1.31	-1.78	1.05



2.3. Claridad a 80 ms - C80

Frecuencia [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Medición 1 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 1	3.61	0.78	3.11	4.05	2.53	2.93	7.66
Medición 2 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 2	-0.94	-1.02	-0.34	1.22	1.23	-1.70	3.35
Medición 3 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 3	0.94	-5.77	-3.54	-1.92	1.99	2.24	3.44
Medición 4 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 4	-2.09	-4.80	0.55	3.05	0.70	1.49	4.29
Medición 5 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 5	2.69	1.48	3.47	1.04	0.75	1.34	3.91
Medición 6 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 6	3.07	1.55	2.22	0.92	-0.90	0.22	2.05
Medición 7 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 7	3.63	2.75	3.78	-0.12	0.8	-0.21	1.32
Medición 8 - Fuente Pos 1 - Mic Pos 8	-4.1	0.44	1.71	0.1	-1.63	-2.23	1.3
C80 Promedio general	0.85	-0.57	1.37	1.04	0.68	0.51	3.42



2.4. Medición de niveles de ruido

Los valores obtenidos fueron:

	Leq Medido	AA
Leq medido 1 Punto 4	38,7 dB A	No
Leq medido 2 Punto 4	40,4 dB A	No
Leq medido 3 Punto 4	66,1 dB C	No
Leq medido 4 Punto 4	59,9 dB C	No
Leq medido 5 Punto 4	45,3 dB A	Si
Leq medido 6 Punto 4	49 dB A	Si
Leq medido 7 Punto 4	67,4 dB C	Si
Leq medido 8 Punto 4	68,9 dB C	Si

3. Conclusiones

En relación al campo interior, el tiempo de reverberación posee una curva de caída con una atenuación en la banda de frecuencias de 500 Hz. Los valores de la Claridad tanto para palabra como para música son muy dispares en el espectro y entre las distintas ubicaciones estudiadas. Además, se observó que a medida que nos alejamos de la fuente acústica en Nivel Sonoro decrece significativamente.

Con la fuente acústica ubicada en el escenario se oyen ecos repetitivos de gran intensidad.

En cuanto a los ruidos, se perciben en el interior del Paraninfo las fuentes acústicas provenientes tanto del exterior del edificio, por ejemplo, el tránsito vehicular y pájaros provenientes de la calle a través de los patios laterales del edificio, también se escucha circulación de personas y voces provenientes de los espacios de circulación comunes semicubiertos laterales. Del interior del edificio se perciben todos los ruidos que se generan en el Hall principal.

Las puertas principales de la sala tienen aberturas en sus hojas como se observa en la siguiente foto.



El nivel del ruido en el interior se incrementa con el sistema de AA en funcionamiento.

Ing. Gustavo Basso

Arq. María Andrea Farina

ANEXO I: Datos técnicos del instrumental utilizado

Notebook

Marca y modelo: Lenovo T460
Producto: 20FN002SUS
Serie: PC0BHYCR
Cantidad: 1

Procesador: Intel® Core™ i5-6200U CPU @ 2.30 GHz
Memoria: 16 GB

Medidor de nivel sonoro

Marca y modelo: Rion NL-27
Serie: 612718
Cantidad: 1

IEC 61672-1:2002 Clase 2

Rango de medición:
A-weighting: 30dB to 130dB
C-weighting: 36dB to 130dB

Funciones de medición: Lp, Leq, LE, Lmax

Standard compliance	General-Purpose Sound Level Meter according to Japan Measurement Law JIS C 1509-1: 2005 Class 2, IEC 61672-1: 2002 Class 2 CE mark (EMC Directive 2004/108/EC), WEEE Directive
Measurement functions Processing functions (normal mode)	Sound pressure level L_p , equivalent continuous sound pressure level L_{eq} , sound exposure level L_E , maximum sound pressure level L_{max} , peak sound level L_{Cpeak} (only when peak range was selected)
Measurement time settings	1 min, 5 min, 10 min, 1 h
Microphone	1/2 inch electret condenser microphone Model: UC-52, sensitivity level: -33 dB $\pm$ 3 dB (1 V/Pa = 0 dB)
Measurement level range (normal mode)	A-weighting: 30 dB to 130 dB, C-weighting: 36 dB to 130 dB
Linear operation range (A-weighting, 1 kHz)	30 dB to 137 dB
Peak sound level measurement range	65 dB to 140 dB
Residual noise level	A-weighting: max. 24 dB, C-weighting: max. 30 dB
Measurement frequency range	20 Hz to 8 kHz
Reference frequency, reference sound pressure level	Reference frequency: 1 kHz, reference sound pressure level: 94.0 dB
Frequency weighting characteristics	A-weighting, C-weighting
Time weighting characteristics	F (Fast), S (Slow)
Level range	Wide range: 30 dB to 130 dB, peak range*: 65 dB to 130 dB * Peak range is used for peak sound level measurements
RMS detection method	Digital processing
Processing	Digital sampling cycle: 30.3 μ s (L_p , L_{eq} , L_E , L_{max} , L_{peak})

Calibration	Calibration frequency: 1 kHz, Calibration sound pressure level: 94 dB Japan Measurement Law: electrical calibration with internal signal source; JIS, IEC: acoustic calibration using NC-74
Windscreen	Unit is compliant with JIS C 1509-1 Class 2 and IEC 61672-1 Class 2 with and without windscreen
Display (TN positive display, reflective)	Numeric display: 0.1 dB resolution Bar graph: Scale range 100 dB, 5 dB resolution (update frequency 0.1 s) Warning indicators: Over (Overload) appears at 137.4 dB (1 kHz) Under (Underload) appears from -0.6 dB of lower scale limit Battery capacity 3-stage indicator for remaining capacity
Store function (processing results saved in internal memory, using manual store)	Number of data: 199 Stored data can be checked on recall screen
DC output connector	DC output: 3 V (full scale), 25 mV/dB, output impedance: 50 Ω Load impedance: 10 k Ω or more
AC monitor output connector	AC output: 1 Vrms +600 -400 mVrms (at 110 dB), overload: +2 dB Output impedance: 600 Ω , load impedance: 10 k Ω or more, frequency weighting: Z-weighting
USB connector	For transfer of stored data to a computer, using optional USB adapter cable
Power requirements (size AAA [IEC R03] battery x 2 Normal temperature)	Current consumption: approx. 80 mA (3 V operation) Battery life: approx. 9 hours (with alkaline batteries), (Wide range) approx. 3 hours (with manganese batteries)
Temperature / humidity range for operation	-10 °C to +50 °C, 10 % to 90 % RH (no condensation)
Dimensions, weight	Approx. 120 mm (H) x 63 (W) x 23.5 mm (D), approx. 105 g (including batteries)
Supplied accessories	Windscreen x 1, Windscreen fall prevention rubber x 1, Silicon cover x 1, strap x 1, AAA [IEC R03] alkaline battery x 2

Conversor

Marca y modelo: Focusrite Scarlet 6i6
 Serie: S664191028247
 Cantidad: 1

Specifications	
Digital Performance	
A-D Dynamic Range	109 dB A-weighted (all inputs)
D-A Dynamic Range	106 dB A-weighted (line outputs 1-2) 108 dB A-weighted (line outputs 3-4)
Supported sample rates	44,1 kHz, 48 kHz, 88,2 kHz A 96 kHz
Clock jitter	<250 ps
Microphone Inputs	
Frequency Response	20 Hz $\pm$ 0,5 dB, 20 kHz $\pm$ 0,1 dB (min, gain)
THD+N	-96 dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz BW)
Noise EIN	-122 dBu CCIR-RMS (measured at 60 dB of gain with 150 ohm termination)
Maximum input level	+9 dBu (without pad)
Line Inputs (Front Panel)	
Frequency Response	20 Hz $\pm$ 0,5 dB, 20 kHz $\pm$ 0,1 dB (min, gain)
THD+N	-80 dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz BW)
Noise (NiPoS)	-105 dBFS CCIR-RMS (measured at min, gain with 50 ohm termination)
Maximum input level	> +28 dBu
Line Inputs (Rear Panel)	
Frequency Response	20 Hz $\pm$ 0,5 dB, 20 kHz $\pm$ 0,1 dB (min, gain)
THD+N	-82dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz BW)

Noise (NiPoS)	107dBFS CCIR-RMS (measured at min, gain with 50 ohm termination)
Maximum input level	+16dBu
Instrument Inputs	
Frequency Response	20 Hz $\pm$ 0,3 dB, 20 kHz $\pm$ 0,1 dB (min, gain)
Noise EIN	-103 dBFS CCIR-RMS (measured at min, gain)
Maximum input level	+8 dBu (without pad)
Line Outputs 1 & 2	
Maximum Output Level (0 dBFS)	+11 dBu, balanced
THD+N	-100 dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz BW)

Grabador digital

Marca y modelo: Zoom H4n
 Serie: 230144
 Cantidad: 1

Conversión A/D 24 bits Sobremuestreo 128x
 Conversión D/A 24 bits Sobremuestreo 128x

Tipo de datos: Formato .WAV

Cuantización: 16 bits (Modos stereo, 4-track), 24 bits (Modo stereo)

Frecuencia de muestreo: 44.1 kHz (Modos stereo, 4-track), 48 kHz, 96 kHz (Modo stereo)

Entradas: conector combinado XLR -entrada balanceada- y phone standard -no balanceada-

Impedancia de entrada -usando la entrada balanceada-: 1 kilohmio balanceado, punta 2 activa, y 480 kilohmios no balanceados -usando la entrada no balanceada-

Nivel de entrada (interruptor INPUT 1 y 2): -usando la entrada balanceada-

L -20 dBm (para mic), M -30 dBm (para mic), H -40 dBm (para mic) -usando la entrada no balanceada-

L -10 dBm - entrada de guitarra, bajo, línea-

M -30 dBm (para mic)

H -40 dBm (para mic)

Micrófono estéreo interno: unidireccional de condensador

Ganancia (interruptor del micrófono)

L +6 dB

M +20 dB

H +30 dB

Alimentación fantasma: 48V, 24V, OFF

En el artículo: “Idoneidad de un grabador digital comercial para su empleo en mediciones acústicas” (Miyara, F., et al., 2010) se presentan los resultados de las pruebas realizadas para determinar la pertinencia de incluir este grabador en un sistema de medición, el mismo fue evaluado en términos de la respuesta en frecuencia, el ruido, la distorsión y la respuesta

transitoria a distintas tasas de muestreo. Los parámetros evaluados demuestran que el modelo de grabador digital es adecuado para grabar señales para mediciones.

La respuesta en frecuencia (Figura 3) es adecuada ya que se encuentra por debajo de los límites de tolerancia establecidos en la Norma Internacional IEC 61672-1 para un instrumento clase 1.

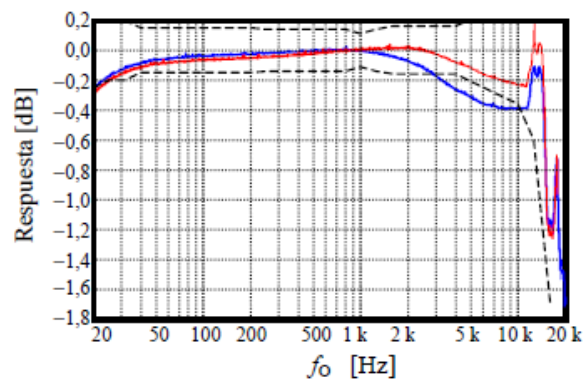


Fig. 3. Respuesta en frecuencia de dos grabadores digitales Zoom H4. Las líneas de trazos muestran 1/10 de los límites de tolerancia inferior y superior mencionados en la IEC 61672-1. [1]

Respecto a la respuesta transitoria se encontró una cota superior del tiempo de establecimiento del 5%. Las respuestas son oscilantes sólo para la tasa de muestreo de 44,1 kHz

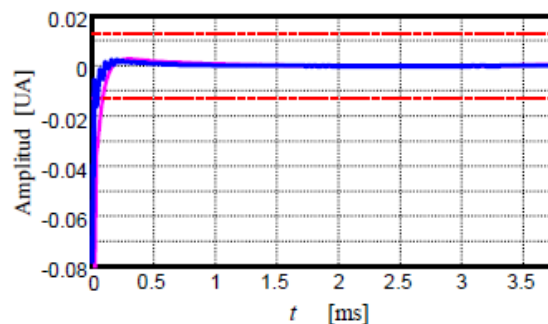


Fig. 5. Respuesta al escalón para 44,1 kHz (azul) y 96 kHz (magenta). Límite del 5% (rojo). [1]

Bibliografía

[1] Miyara, F., Accolti, E., et al. (2010). "Idoneidad de un grabador digital comercial para su empleo en mediciones acústicas", *Segundo Congreso Internacional de Acústica UNTREF*, Buenos Aires, Argentina.

[2] Manual de instrucciones: Handy Recorder H4 Zoom.

Anexo II: Glosario

Tiempo de reverberación (TR o RT60)

Es el tiempo, en segundos, que tarda la energía acústica de una sala en caer a 10^{-6} (-60 dB) del valor existente al interrumpirse la fuente de señal. Fue desarrollado por W. Sabine a principios del siglo XX. Es común describir el TR en función de la frecuencia (en bandas de octava o de 1/3 de octava) considerándose el correspondiente a 1.000 Hz como el de referencia cuando se consigna un solo valor. La fórmula de Sabine para calcular el TR es:

$$TR = 0,16 V/A [s]$$

En esta expresión, V es el volumen cúbico del recinto [m^3] y A la absorción acústica total en *sabinios métricos* [m^2].¹

T30, T20 y T10

Análogo al TR, pero se mide el tiempo de caída entre -5 a -35 dB dB, -5 a -25 dB dB y -5 a -15 dB dB y se lo multiplica por dos, tres o seis respectivamente. Es un valor comparable al TR.

Claridad a 80 ms y a 50 ms (Reichardt, 1974)

$$C_{80} = 10 \log \frac{\left[\int_0^{0,08} h^2(t) dt \right]}{\left[\int_{0,08}^{\infty} h^2(t) dt \right]} dB$$

$$C_{50} = 10 \log \frac{\left[\int_0^{0,05} h^2(t) dt \right]}{\left[\int_{0,05}^{\infty} h^2(t) dt \right]} dB$$

Considera la relación entre los primeros 50/80 ms de la señal y el resto de la señal en decibeles. El tiempo de corte a 80 ms se emplea para analizar señales musicales y el de 50 ms para palabra.

¹ La anterior es la fórmula de Sabine para calcular la reverberación. Existen otras fórmulas diferentes, entre las que se destacan las de Eyring, Millington, Fitzroy y Poujoule.