LGAI

LGAI Technological Center, S.A.
Campus de la UAB
Apartado de Correos 18
E - 08193 Bellaterra (Barcelona)
T +34 93 567 20 00
F +34 93 567 20 01
www.appluscorp.com

Applus+

ilac-MRA ENAC ENSAYOS Nº 9/LE766

Bellaterra: 26 de junio de 2009

Expediente número: 09/100314-565

Referencia peticionario: **DERIVADOS DEL POLIURETANO, S.A.**
Pol. Ind. Santa Margarita, C/ Esla, 60
08223 TERRASSA (Barcelona)

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO SOLICITADO: Medición en laboratorio de la reducción del ruido de impactos transmitido a través de paneles de espuma de poliuretano aglomerada **AGLOPUR 150/5** sobre forjado normalizado pesado según la norma UNE-EN ISO 140-8:1998.

FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: 15 de junio de 2009

LGAI Technological Center, S.A.
Xavier Costa Guallar
Responsable de Acústica
LGAI Technological Center S.A.

LGAI Technological Center, S.A.
Xavier Molins Polo
Técnico de Acústica
LGAI Technological Center S.A.

Garantía de Calidad de Servicio

Applus+ garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien al Director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com

La reproducción del presente documento sólo está autorizada si se hace en su totalidad.
Sólo tienen validez legal los informes con firma original o sus copias compulsadas.
Este documento consta de 13 páginas de las cuales 0 son anexos.

LGAI Technological Center, S.A. Inscrita en el Registro Mercantil de Barcelona, Tomo 35 803, Folio 1, Hoja Nº B-266.627 Inscripcion 1ª C.I.F.: A-63207492

1.- OBJETIVO DE LA MEDICIÓN

El objetivo de la medición es determinar el valor de la reducción de la transmisión del ruido de impactos de un revestimiento de suelos a base de paneles de espuma de poliuretano aglomerada **AGLOPUR 150/5** y una losa de hormigón armado con espesor medio de 7 cm sobre forjado normalizado pesado según la norma UNE-EN ISO 140-8:1998.

2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos usados para realizar las mediciones acústicas son los siguientes:

- Analizador nº id: 103099 (Bruel&Kjaer mod. Pulse)
- Micrófonos nº id: 103118, 103123 y 103126 (Bruel&Kjaer mod. 4943)
- Calibrador nº id: 103032 (Bruel&Kjaer mod. 4231)
- Máquina de impactos nº id: 103187 (CESVA mod. MI005)
- Fuente de ruido nº id: 103098 (AVM mod. DO12)
- Amplificador nº id: 103125 (CESVA mod. AP600)
- Termohigrómetro nº id: 103121 (Oregon Scientific mod. BA116)
- Flexómetro nº id: 103095 (Stanley mod. Powerlock)
- Pesas nº id: 103147, 103149, 103150, 103151, 103153, 103154, 103158, 103159, 103160, 103163, 103165 y 103166

3.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

3.1. MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realiza según el procedimiento de trabajo C521 0234 de Applus+CTC, basado en la norma UNE-EN ISO 140-8:1998, "Medición en laboratorio de la reducción del ruido de impactos transmitido a través de revestimientos de suelos sobre forjado normalizado pesado".

El procedimiento de ensayo se basa en medir, para cada banda de frecuencia dentro del margen de estudio, el nivel de presión acústica en el interior del local inferior (sala receptora) al excitar mediante una máquina de impactos normalizada el paramento horizontal superior. La máquina de impactos se coloca en un mínimo de 4 puntos y se han de realizar un mínimo de 6 mediciones del nivel de ruido en la sala receptora. Estas mediciones se realizan sobre el forjado

normalizado directamente y tras recubrir el forjado con el sistema que se quiere ensayar. De la diferencia entre ambas mediciones se obtendrá la mejora de aislamiento a ruido de impactos.

Si en cualquiera de los dos ensayos, el nivel de presión acústica medido no supera el ruido de fondo (nivel de ruido ambiental dentro de la sala receptora con la maquina de impactos apagada) como mínimo en 10 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

$$L = 10\ Log\ (10^{Lsb/10} - 10^{Lb/10})$$

donde:

- L es el nivel de presión de ruido de impactos corregido,
- L_{sb} es el nivel de presión de ruido de impactos combinado con ruido de fondo,
- L_b es el nivel de presión acústica de fondo.

A este nivel de presión acústica se le añade un término que depende del tiempo de reverberación y del volumen de la sala receptora, obteniéndose el nivel de presión de ruido de impactos normalizado, L_{ni}, para cada banda de frecuencia:

$$L_{ni} = L_i + 10\ Log\ (\frac{A}{A_0})$$

donde:

- L_i es el nivel de presión de ruido de impactos, con corrección de ruido de fondo si es necesario, para cada banda de frecuencia,
- A_0 es el área de absorción sonora equivalente de referencia, 10 m^2,
- A es el área de absorción sonora equivalente, que se calcula:

$$A = \frac{0.16\ V}{T}$$

donde:

- V es el volumen de la sala receptora,
- T es el tiempo de reverberación de la sala receptora. Dicho parámetro se define como el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica medido disminuya 60 dB una vez parada la fuente de ruido.

La reducción del nivel de presión de ruido de impactos normalizado resultante de la instalación del revestimiento a ensayar se define como:

$$\Delta L = L_{n0} - L_n$$

donde:

- L_{n0} es el nivel de presión de ruido de impactos normalizado de un forjado pesado normalizado sin revestimiento alguno,
- L_n es el nivel de presión de ruido de impactos normalizado de un forjado pesado con el revestimiento.

3.2. PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR MAGNITUDES GLOBALES PARA EL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS

El resultado de las mediciones proporciona valores para el aislamiento a ruido de impactos que son función de la frecuencia. La norma UNE EN ISO 717-2 normaliza un método por el cual la dependencia en frecuencia del aislamiento a ruido de impactos se convierte en un solo número que caracteriza el comportamiento acústico.

De una curva de ruido de ruido de impactos se puede obtener el valor global ponderado comparando dicha curva con el espectro de referencia (ver tabla siguiente) definido entre 100 y 3150 Hz:

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
Ref.	62	62	62	62	62	62
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
Ref.	61	60	59	58	57	54
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ref.	51	48	45	42	- -	- -

Valores que toma la curva de referencia para cada banda de frecuencia, en tercios de octava

El valor global ponderado será el que toma el espectro de referencia a la frecuencia de 500 Hz, después de desplazarlo tal y como se explica a continuación.

Para evaluar los resultados de una medida (L_n, por ejemplo), se desplaza el espectro de referencia en saltos de 1 dB (positivo o negativo) hacia la curva medida mientras la suma de desviaciones desfavorables, en el margen de frecuencia entre 100 y 3500 Hz, sea lo mayor

posible pero sin superar los 32,0 dB. Una desviación desfavorable, a una determinada banda de frecuencia, se da cuando el resultado de la medición es mayor que el valor de la curva de referencia en aquella banda.

Por ejemplo, de la curva L_n se obtendrá el valor global ponderado L_{nw}.

3.3. PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA REDUCCIÓN PONDERADA DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE IMPACTOS, ΔL_w

A fin de obtener los valores de ΔLw, es necesario relacionar los valores medidos de ΔL para un suelo de referencia. Se define un suelo de referencia con los valores del nivel normalizado de presión sonora de impactos $L_{n,r,0}$ dados a continuación:

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
Ref.	67	67,5	68	68,5	69	69,5
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
Ref.	70	70,5	71	71,5	72	72
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ref.	72	72	72	72	- -	- -

Valores del nivel normalizado de presión sonora de impactos, en tercios de octava

El nivel global normalizado ponderado de presión sonora de impactos del suelo de referencia, $L_{n,r,0,w}$, es 78 dB.

Se calculará el nivel ponderado de la presión sonora de impactos, ΔL_w, de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

$$L_{n,r} = L_{n,r,0} - \Delta L$$

$$\Delta L_W = L_{n,r,0,W} - L_{n,r,w} = 78\ dB - L_{n,r,w}$$

La reducción del nivel sonoro de impactos medido en un suelo de losa de cemento tal como se define en la norma UNE EN ISO 140-8 y la magnitud global ΔL_w debería usarse solamente en relación a tipos similares de suelos macizos (cemento, bloques de cemento, bloques de ladrillo y similar); pero no es apropiado usarlo en otros tipos de construcción.

3.4. CÁLCULO DE LOS TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL

La valoración mediante $L_{n,w}$ se ha mostrado bastante adecuada para caracterizar ruidos de impactos tales como pasos en suelos de madera y en suelos de cemento con recubrimientos eficaces tales como alfombras y suelos flotantes. No obstante, no da cuenta suficiente de los picos de nivel a frecuencias (bajas) discretas, por ejemplo en suelos de viguería de madera o en el comportamiento de suelos de cemento sin recubrimiento al respecto. Hay una evidencia clara de que el nivel de impactos no ponderado de la máquina de impactos es más representativo de los niveles de impacto ponderados A producidos por los pasos en todos los tipos de suelos, mientras que esta valoración es más restrictiva en los picos de ruido aislados.

Por tanto se introduce un término de adaptación C_I, introducido para tener en cuenta este efecto y dado como un número separado que no debe confundirse con el valor $\mathbf{L_{n,w}}$. Este término se define por tanto de manera que para suelos macizos con recubrimientos eficaces tome un valor cercano a cero, mientras que para suelos de viguería de madera con picos dominantes en baja frecuencia sea ligeramente positivo. Para suelos de cemento sin recubrimientos o con recubrimientos poco eficaces, puede situarse entre - 15 dB y 0 dB.

Si los requisitos tienen que tener en cuenta estos efectos, deben expresarse como la suma de $L_{n,w}$ y C_I.

Los resultados de una medición de L_n, en bandas de tercio de octava en el rango de frecuencia de 100 Hz a 2500 Hz se suman energéticamente para obtener $L_{n,sum}$. El término de adaptación C_I, se calcula por una de las ecuaciones siguientes:

$$C_I = L_{n,sum} - 15 - L_{n,w}\ dB$$

El término de adaptación espectral se calcula con precisión de décimas redondeando después al valor entero más próximo.

También se determina un término de adaptación espectral para una respuesta plana la reducción del ruido de impactos. Este término de adaptación espectral $C_{I\Delta}$, se calcula mediante:

$$C_{I\Delta} = C_{I,r,0} - C_{I,r}\ dB$$

donde:

- $C_{I,r}$ es el término de adaptación espectral para el suelo de referencia con el recubrimiento en ensayo,
- $C_{I,r,0}$ es el término de adaptación espectral para el suelo de referencia $L_{n,r,0}$ ($C_{I,r,0}$ = - 11 dB).

3.5. INCERTIDUMBRE DE LOS RESULTADOS

La incertidumbre del resultado se expresa como la incertidumbre típica de medida multiplicada por un factor de cobertura k=2, que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Las incertidumbres expandidas de los resultados han sido calculadas y son las siguientes:

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
±U	1,7	1,7	1,2	1,1	1,2	1,0
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
±U	1,0	0,7	0,8	0,8	0,5	0,6
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
±U	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8

Tabla 3.4: Incertidumbres expandidas de los resultados

4.- DESCRIPCIÓN DE LA SALA DE ENSAYOS Y LA MÁQUINA DE IMPACTOS

La sala de ensayos es paralelepipédica y sus medidas interiores son 4,65 × 3,66 × 2,95 m (largo × ancho × alto). Las paredes de hormigón de 30 cm de espesor.

El forjado de ensayo es una losa de hormigón armado de 13 cm de espesor, homogénea y de espesor uniforme.

La máquina de impactos cumple los requisitos de la norma UNE-EN ISO 140-8:1998 Anexo A.

5.- CONDICIONES DEL ENSAYO

	Sala receptora (sin recubrimiento)	**Sala receptora (con recubrimiento)**
Condiciones ambientales:	Temperatura: 23 ºC	Temperatura: 23 ºC
	Humedad: 60 %	Humedad: 58 %

6.- DESCRIPCIÓN DEL REVESTIMIENTO ENSAYADO

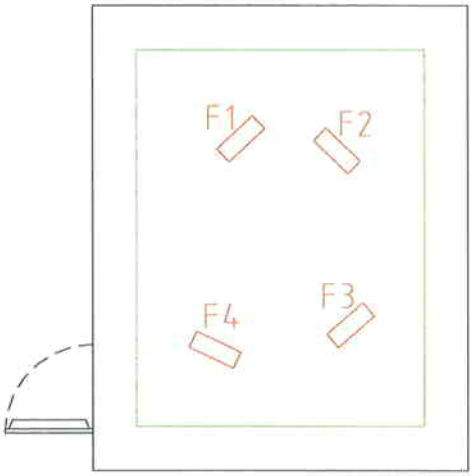


Fig. 1 Croquis posiciones de fuente y muestra ensayo

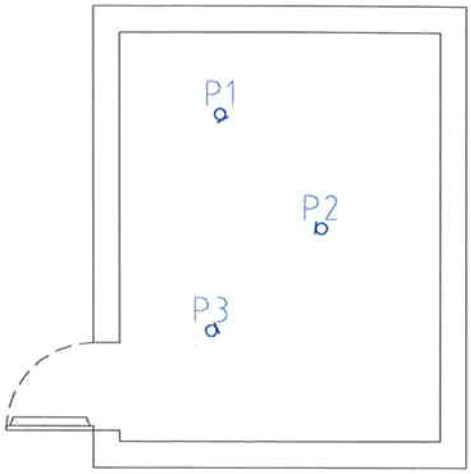


Fig. 2 Croquis posición de micrófonos

La muestra consta de una losa de 10,8 m^2 (3 x 3,6 m) de hormigón armado con malla de 8 mm de diámetro electrosoldada cada 15 cm, que descansa sobre una capa de planchas de espuma de poliuretano aglomerada **AGLOPUR 150/5** de 5 mm de grosor y 150 Kg/m^3 de densidad.

La muestra se presenta en planchas de 2 x 1 m (largo x ancho). Para cubrir el total de la superficie de la losa de hormigón se usan 6 planchas de AGLOPUR. La losa presenta un espesor medio de 7 cm y una densidad estimada de 2400 Kg/m^3.

Imágenes 1 y 2 Detalles del panel AGLOPUR 150/5

Los paneles se colocan directamente sobre el forjado normalizado limpio de residuos, situándolos bajo la losa de hormigón y cubriendo toda la superficie de la misma. En las

siguientes fotografías se observa el proceso de construcción de la losa y el montaje realizado en el laboratorio.

Imágenes 3, 4, 5 y 6 Detalles de la construcción de la losa y colocación de los paneles

La construcción de la losa de hormigón se realiza durante los días 17 y 18 de noviembre de 2008, mientras que la colocación de los paneles se realiza el día 15 de junio de 2009, todo ello con los recursos de Applus-CTC.

La superficie de la muestra es de 10,8 m^2 (3 x 3,6 m).

El ensayo se realiza sin carga y con una carga media de 24 Kg/m^2 distribuida sobre la muestra.

Las siguientes imágenes muestran la preparación del ensayo, sin carga y con la carga media de 24 Kg/m^2, respectivamente.

Imágenes 7 y 8 Muestra lista para el ensayo sin y con carga, respectivamente

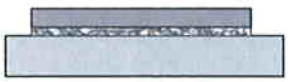
7.- RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos para la muestra ensayada sin carga (apartado 7.1.) y con una carga media de 24 Kg/m^2 distribuida uniformemente sobre toda la superficie (apartado 7.2.).

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus+CTC el día señalado y ensayado en las condiciones indicadas en este documento.

7.1.- MUESTRA ENSAYADA – REVESTIMIENTO SIN CARGA

Reducción del nivel de presión de ruido de impactos según la Norma Internacional ISO 140-8



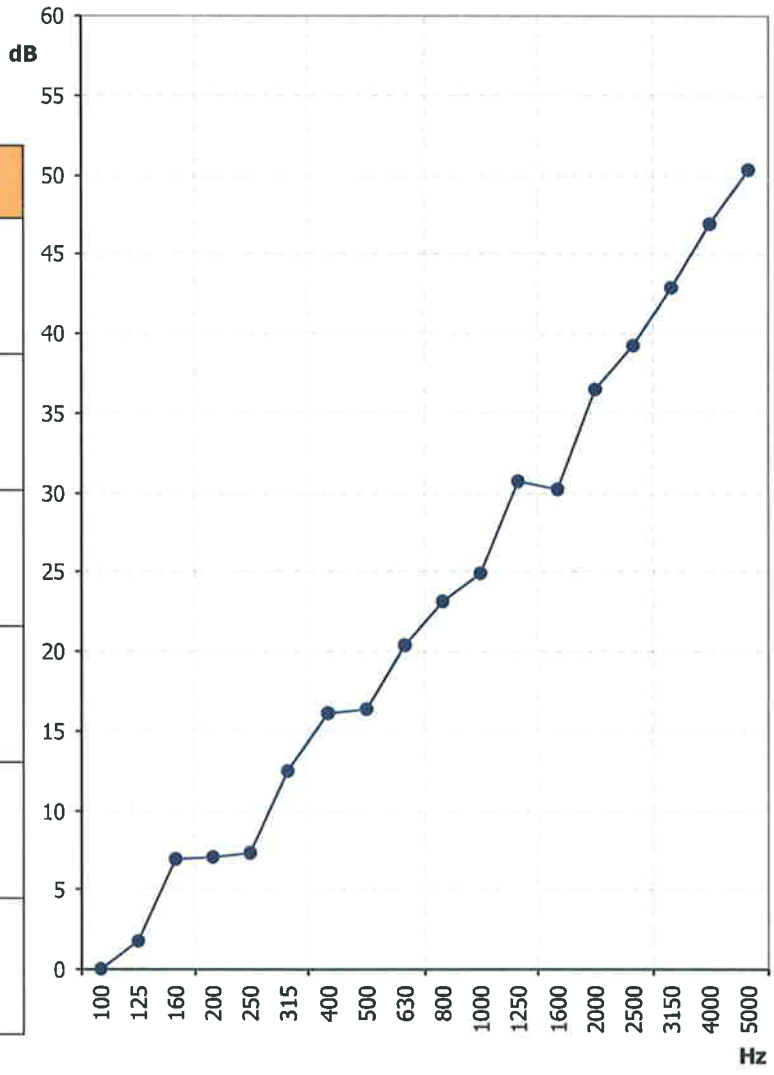
Peticionario: **DERIVADOS DEL POLIURETANO, S.A.**

Fecha de ensayo: 15 de junio de 2009

- Losa de hormigón de 7 cm
- Paneles AGLOPUR 150/5 de 5 mm y 150 Kg/m^3
- Forjado normalizado

Frecuencia (Hz)	$L_{n,0}$ (dB)	ΔL (dB)
100	62.7	0.0
125	65.2	1.7
160	69.1	6.9
200	67.9	7.1
250	68.4	7.3
315	70.9	12.5
400	72.1	16.1
500	72.0	16.3
630	73.8	20.4
800	74.9	23.1
1000	75.6	24.9
1250	75.9	30.7
1600	75.6	30.2
2000	75.9	36.5
2500	76.2	39.2
3150	75.8	42.9
4000	74.6	46.9
5000	71.5	50.3

Reducción del nivel de presión acústica de ruido de impactos, ΔL

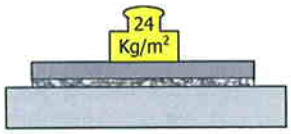


$L_{n,0,w}$ =	82 dB	$L_{n,r,w}$ =	56 dB	ΔL_w =	**22 dB**
$C_{I,0}$ =	-12 dB	$C_{I,r}$ =	1 dB	$C_{I\Delta}$ =	-12 dB

Procedimiento de trabajo C521 0234 de Applus+CTC, basado en las normas UNE-EN ISO 140-8:1998 y la UNE-EN ISO 717-2:1997

7.2.- MUESTRA ENSAYADA – REVESTIMIENTO CON CARGA

Reducción del nivel de presión de ruido de impactos según la Norma Internacional ISO 140-8



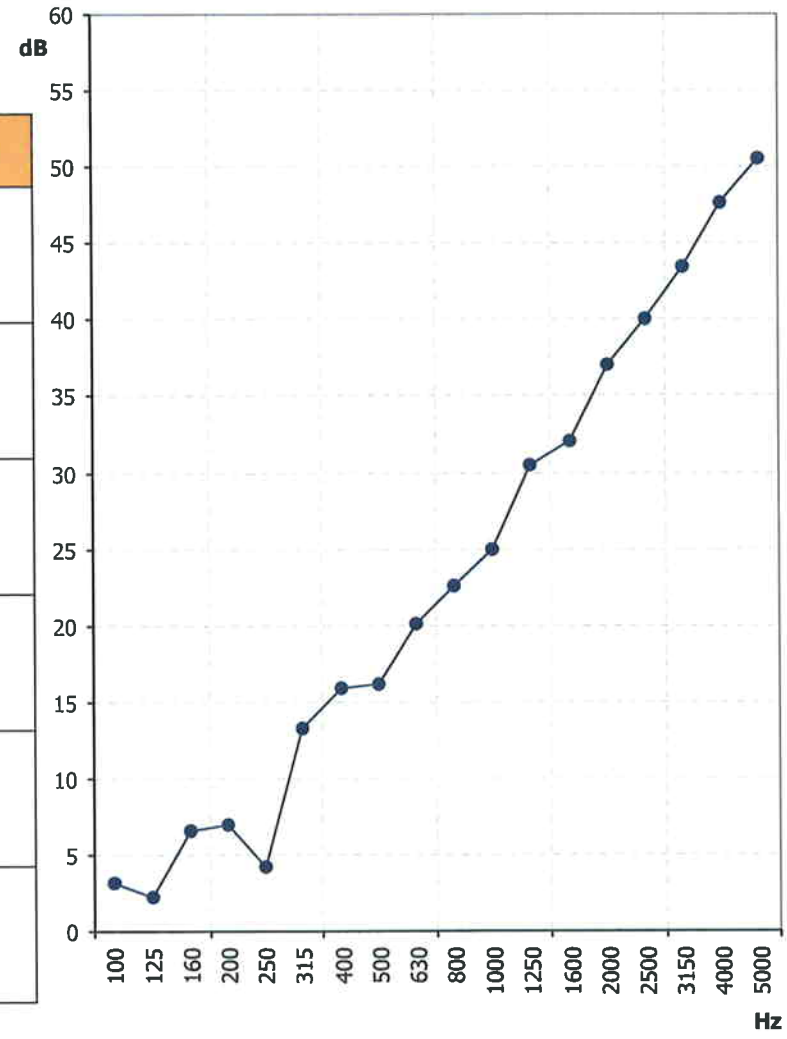
Peticionario: **DERIVADOS DEL POLIURETANO, S.A.**

Fecha de ensayo: 15 de junio de 2009

- Losa de hormigón de 7 cm
- Paneles AGLOPUR 150/5 de 5 mm y 150 Kg/m^3
- Forjado normalizado

Frecuencia (Hz)	$L_{n,0}$ (dB)	ΔL (dB)
100	62.7	3.2
125	65.2	2.2
160	69.1	6.6
200	67.9	6.9
250	68.4	4.2
315	70.9	13.2
400	72.1	15.9
500	72.0	16.2
630	73.8	20.1
800	74.9	22.6
1000	75.6	24.9
1250	75.9	30.5
1600	75.6	32.0
2000	75.9	37.0
2500	76.2	40.1
3150	75.8	43.4
4000	74.6	47.7
5000	71.5	50.5

Reducción del nivel de presión acústica de ruido de impactos, Δ L



$L_{n,0,w}$ =	82 dB	$L_{n,r,w}$ =	55 dB	ΔL_w =	**23 dB**
$C_{I,0}$ =	-12 dB	$C_{I,r}$ =	1 dB	$C_{I\Delta}$ =	-12 dB

Procedimiento de trabajo C521 0234 de Applus+CTC, basado en las normas UNE-EN ISO 140-8:1998 y la UNE-EN ISO 717-2:1997