

# ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN ALCÁCER

29 jul. 15

---

Acondicionament acústic d'una nau industrial a Alcàsser.  
Acoustic Conditioning of an industrial building in Alcácer

AUTOR:

**PABLO VILLANUEVA VILLARROYA**

TUTOR ACADÉMICO:

VICENTE GÓMEZ LOZANO[]



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
ENGINYERIA  
D'EDIFICACIÓ

---

ETS d'Enginyeria d'Edificació  
Universitat Politècnica de València





## Resumen

En el trabajo que se ha realizado se ha tratado de reducir el ruido en una nave industrial de Alcacer, en la que se realizan bastidores de madera con maquinaria de corte, mediante materiales absorbentes para el confort y la salud de los operarios. Para ello se ha obtenido mediante un sonómetro homologado los distintos niveles acústicos emitidos por las máquinas midiéndolos in situ desde distintos puntos de la nave cercanos a las máquinas con estas en funcionamiento mientras los trabajadores las utilizaban y la obtención de la reverberación de las distintas partes de la nave mediante un micrófono homologado y un amplificador. Tras esto se han hecho unas propuestas de acondicionamiento acústico para disminuir la el nivel sonoro recibida por los receptores que podría ser usada por la empresa propietaria de la nave objeto del proyecto.

En el treball realitzat s'ha tractat de reduir el soroll d'una nau industrial a Alcàsser (Valencia, Espanya), on es realitzen bastidors de fusta amb maquinaria de tall, mitjançant materials absorbents per al confort i la salut dels operaris. Per poder realitzar-lo s'han obtingut –utilitzant un sonòmetre homologat- els diferents nivells acústics emesos per les màquines, mesurant-los in situ des de diferents punts a la nau propers a les maquinaries amb aquestes funcions, mentre que eren utilitzades pels treballadors per tal d'obindre la reverberació de les diferents parts de la nau mitjançant un micròfon i un amplificador tots dos homologats. Posteriorment s'ha tractat de fer unes propostes d'acondicionament acústic amb l'objectiu de disminuir la potència sonora rebuda pels receptors i que podria ser utilitzades per la empresa propietària de la nau que és objecte del projecte.

The purpose of this memory is to reduce noise level in an industrial warehouse located in Alcácer (Valencia, Spain). The industrial activity consists in making wooden racks with wood cutting machinery, using absorbent materials for the comfort on health of workers. Different noise levels emitted have been measured in situ with an approved sound level meter. These points were near the working machines while workers were using them. The reverberation has been also measured at two different locations with an approved microphone and amplifier. We propose to the company owner two different acoustic treatment solutions to reduce the sound power received by the workers an the environmental noise.

### Palabras clave:

Absorción acústica, acondicionamiento acústico, protección contra el ruido, sonómetro, tiempo de reverberación.

Absorció acústica, acondicionament acústic, protecció contra el soroll, sonòmetre, temps de reverberació.

Acoustic treatment, protection against noise, Sound absorption, sound level meter, reverberation time.



## Agradecimientos

Agradezco a la empresa Maisons Industrialisees Espagne, S.L. por permitirme realizar el trabajo final de grado en sus instalaciones durante su horario laboral y facilitarme material para poder hacer las mediciones en puntos alejados de las tomas de corriente.

Agradecer a mi tutor, Vicente Gómez Lozano, por guiarme, ser paciente conmigo, estar disponible para las tutorías y prestarme el equipo para la toma de datos.



## Acrónimos utilizados

**CAD:** ComputerAidedDesign / Diseño Asistido por Ordenador

**CCE:** Comunidad Económica Europea

**CTE:** Código Técnico de la Edificación

**CSIC:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas

**DB HR:** Documento Básico de Protección Contra el Ruido

**ETSIE:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Construcción

**IVA:** Impuesto sobre el Valor Añadido

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**RAE:** Real Academia Española



## Índice

## Contenido

Resumen.....	I
Agradecimientos .....	III
Acrónimos utilizados .....	V
Índice.....	VII
Capítulo 1. ....	2
Introducción .....	2
1 Medición sonora de la maquinaria. ....	4
1.1 Aspirador KUFO UFO-103B.....	6
1.2 Cepilladora a 4 caras KEMBILL 4FM 180/4.....	7
1.3 Cepilladora SICAR RAPID 400 E.....	10
1.4 Compresor ABAC PRO A39B-270 FT3.....	15
1.5 Cortadora de línea FOM INDUSTRIE PANDA 400.....	17
1.6 Escuadradora ORZA SE-320T.....	20
1.7 Fresadora SICAR S 1000 M .....	26
1.8 Lijadora de banda.....	28
1.9 Regruesadora SICAR FORTE 520.....	31
1.10 Sierra de cinta SICAR TOP9.....	33
1.11 Sierra DEWALT DW-721 .....	36
2 Medición de la reverberación .....	40
2.1 Zona 1.....	42
2.2 Zona 2.....	42
2.3 Zona 3.....	43
2.4 Zona 2 y Zona 3 .....	44
2.5 Zona 4.....	44
3 Posibles intervenciones.....	46
3.1 Primera intervención.....	46
3.2 Segunda intervención.....	49
Capítulo 2. ....	53
Conclusiones .....	53
Capítulo 3. ....	A
Referencias Bibliográficas .....	A
Capítulo 4. ....	B

Índice de Figuras .....	B
Índice de Gráficas .....	B
Anexos [Estilo: Título 1].....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

# Capítulo 1.

## Introducción

Según la OMS, "la exposición a un sonido disminuye a medida que aumenta el volumen del sonido" y "El volumen recomendado de cualquier sonido está por debajo de los 85 dB para una duración máxima de ocho horas al día" (Escuchar sin riesgos).

Científicos, expertos y numerosos organismos oficiales como la Organización mundial de la salud (OMS), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), etc., han declarado que el ruido y la exposición de forma prolongada a este tiene efectos perjudiciales para la salud, como son, cefalea, dificultad para la comunicación oral, disminución de la capacidad auditiva, perturbación del sueño y descanso, estrés, fatiga, neurosis, depresión, efectos sobre el rendimiento, alteración del sistema circulatorio, alteración del sistema digestivo, aumento de secreciones hormonales (tiroides y suprarrenales), trastornos en el sistema neurosensorial, disfunción sexual (Chan lee, 2015.)

En el caso de personas que se ven sometidas a ruidos de niveles mayores que 60dB, los síntomas más corrientes son: aceleración de la respiración y del pulso, aumento de la presión arterial, disminución del peristaltismo digestivo, que ocasiona gastritis o colitis, problemas neuromusculares que ocasionan dolor y falta de coordinación, disminución de la visión nocturna, aumento de la fatiga y dificultad para dormir (Chang 2012, 2012). Numerosos estudios afirman que un ruido constante produce cambios en el sistema hormonal e inmunitario.

El en caso concreto de este estudio se basa en el ruido producido durante la jornada laboral. Muchos trabajadores como sucede en la empresa de estudio están sometidos en su puesto laboral a fuentes variadas del ruido debido a la maquinaria que es necesaria para el desarrollo de las actividades de la empresa (Olasunkanmi, 2014).. Además, los sonidos emitidos por estos elementos son reflejados en suelos, paredes, techos y los propios equipos, con lo que el riesgo aumenta, afectando tanto a los trabajadores que se encuentran trabajando con dicha maquinaria como aquellos se que encuentras dentro de la misma nave.

Estudios del CSIC afirman que la exposición durante una jornada laboral a ruidos por encima de 85-90 dB es potencialmente peligrosa. Cuando la exposición no se produce durante muchos días de forma prolongada se conoce que el oído es capaz de recuperarse después de unas horas sin que estén sometidos de esos niveles sonoros, pero si la exposición es más prolongada, es decir, durante unos 6 o 12 meses es posible que la recuperación no llegue a ser completa y el daño puede llegar a ser permanente

Los niveles del ruido pueden disminuir utilizando absorbentes, silenciadores y/o deflectores en la zona donde se ubica el equipo y equipos protectores personales (tapones, orejeras) por parte del trabajador. En situaciones en las que los métodos técnicos son insuficientes, la exposición del ruido puede reducirse situando al trabajador en puestos lejanos a la fuente sonora y limitando el tiempo de estancia en el ambiente ruidoso.

Por todo ello y debido a las numerosos estudios en los que se puede comprobar que el ruido es perjudicial para la salud, se ha llevado a cabo este proyecto, ya que una correcta insonorización de

una industria de este tipo es muy importante para la salud de los trabajadores, tanto de los operarios como de aquellos que trabajan en las oficinas, ya que un factor muy importante en la salud humana es la prevención, por lo que es necesario prevenir posibles problemas de salud que puedan sufrir los trabajadores.

En este estudio nos referimos a un empresa concreta, pero estos protocolos y este tipo de prevención es válida para cualquier tipo de empresa donde se produzca un nivel de ruido que sea elevado y pueda poner en peligro la salud de los trabajadores.

El CTE DB HR dice que en todo local donde el ruido medio sea de 80 dB se considerará ruidoso no estando regulado en la norma el aislamiento aéreo y a impacto de este tipo de locales pues normalmente son locales industriales y la normativa solo está regulada para edificios residenciales, sanitarios, docentes y administrativos.

La nave industrial objeto del trabajo está situada en la Avinguda Antic Regne de València, nº39, Alcasser (Valencia) y consta de un edificio de 3 alturas de forjados unidireccionales de viguetas auto resistentes y bovedillas cerámicas, planta baja utilizada para la realización de los trabajos de la empresa y parte de la primera planta como oficina, dos bóvedas de cañón con cerchas de estructura de acero protegida con amianto proyectado con cubierta de placas de fibrocemento, posiblemente realizadas con fibras de amianto. Las paredes son de bloques de hormigón con recubrimiento de enlucido de yeso al intradós y de enfoscado de cemento al extradós y un acabado de pintura, posiblemente plástica. El suelo de toda la nave es de terrazo. Hay un anexo en un lateral de una de las zonas abovedadas, de menor altura con tejado inclinado del mismo material sobre unos pilares de acero más finos y sobre las paredes de bloques de hormigón.



*Figura 1 Fotografías de la nave industrial objeto del proyecto. 2015. Fuente propia*

La empresa se dedica a la construcción de viviendas prefabricadas con estructura de madera, realizando la estructura en la nave y exportándola a sus obras en Francia. Debido a la maquinaria necesaria para el corte de la madera, el ruido en la nave durante las horas de trabajo es elevado y molesto, llegando a ser peligroso para la salud de los operarios. Debido a ello se pensó en realizar este proyecto, para disminuir el nivel sonoro al que están expuestos los trabajadores.

## 1 Medición sonora de la maquinaria.

En esta primera parte del proyecto en la que se realizaran las mediciones del ruido producido por las diferentes maquinas de la nave utilizaremos un sonómetro, en este caso se trata del modelo 2238 Mediator de la casa comercial Brüel & Kjaer. debemos tener en cuenta que al tratarse de un sonómetro de tipo 1 podemos tener una variación en la mediciones con una precisión de  $\pm 1$  dB. Este sonómetro tiene una capacidad para almacenar hasta 500 archivos de mediciones, porque no es necesario hacer la transferencia al ordenador en cada medición, lo cual facilita el trabajo. Este sonómetro tiene dos aplicaciones ya que además de la función de sonómetro básico también puede ser utilizado para el análisis de las frecuencias, en el caso de que se quiera realizar dicho análisis puede hacerse la medición en bandas de octava o en bandas de tercios de octava, en el caso concreto de este proyecto se ha realizado en tercios de octava.



Figura 2 Sonómetro.2015. Fuente propia

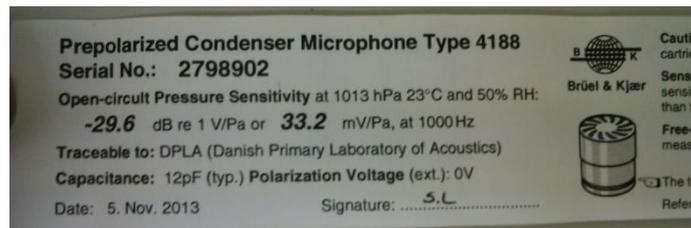


Figura 3 Micrófono.2015.Fuente propia

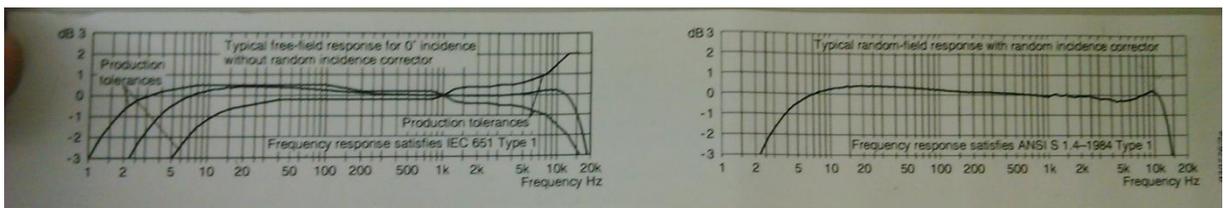


Figura 4 Tolerancias del micrófono. 2015. Fuente propia

Para la realización de las mediciones se ha colocado el sonómetro a más de un metro de la fuente sonora realizando varias tomas de datos de las máquinas desde distintos puntos de la nave en algunos casos estando la maquina en uso.



1.1 Aspirador KUFO UFO-103B

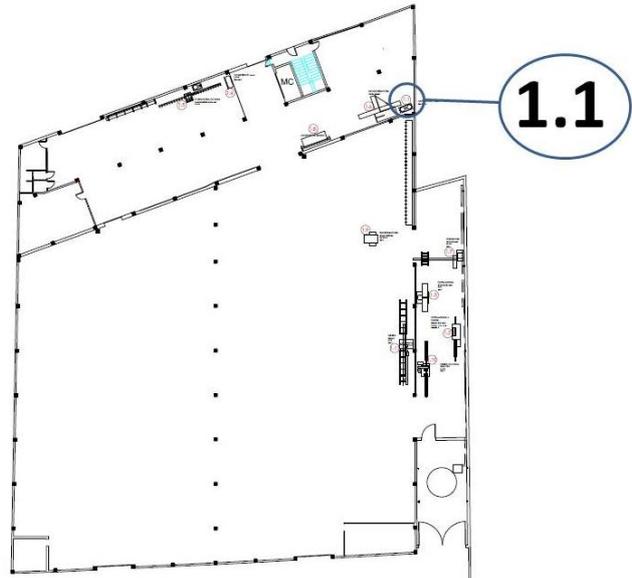


Figura 6 Aspirador KUFO y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos**

ASPIRADORA

POSICION 5 (fig. 5)

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         07:11:16
Tiempo              00:01:08
Saturación         0,0 %
Subgama             0,0 %
Barrido N°         2/2
    
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

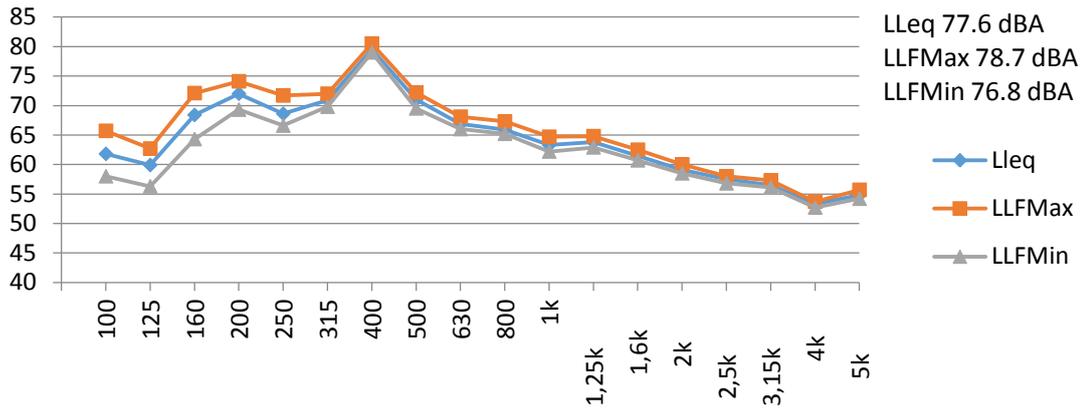
```

////////////////////////////////////
LLeq                84,3 dB
LLFMax              85,3 dB
LLFMin              83,3 dB
    
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMx LFMi
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  61,8  65,7  58,0
125  59,9  62,7  56,3
160  68,4  72,1  64,3
200  72,0  74,1  69,3
250  68,6  71,7  66,6
315  70,9  72,0  69,8
400  79,5  80,5  79,0
500  71,0  72,2  69,5
630  66,9  68,1  66,0
800  65,9  67,3  65,2
1k   63,3  64,7  62,2
1,25k 63,8  64,8  62,9
1,6k  61,5  62,5  60,7
2k   59,1  60,0  58,5
2,5k  57,5  58,0  56,8
3,15k 56,5  57,3  56,1
4k   53,3  53,7  52,7
5k   54,8  55,7  54,2
    
```



Gráfica 1 Aspirador posición 1.1 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta medición se realizó con la máquina funcionando sola, sin ninguna otra alrededor funcionando a la vez. Se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 400 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias bajas (de 125 Hz a 400 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 78.7, siendo una máquina por sí sola no ruidosa, por tanto no sería necesaria la utilización de protecciones auditivas.

## 1.2 Cepilladora a 4 caras KEMBILL 4FM 180/4

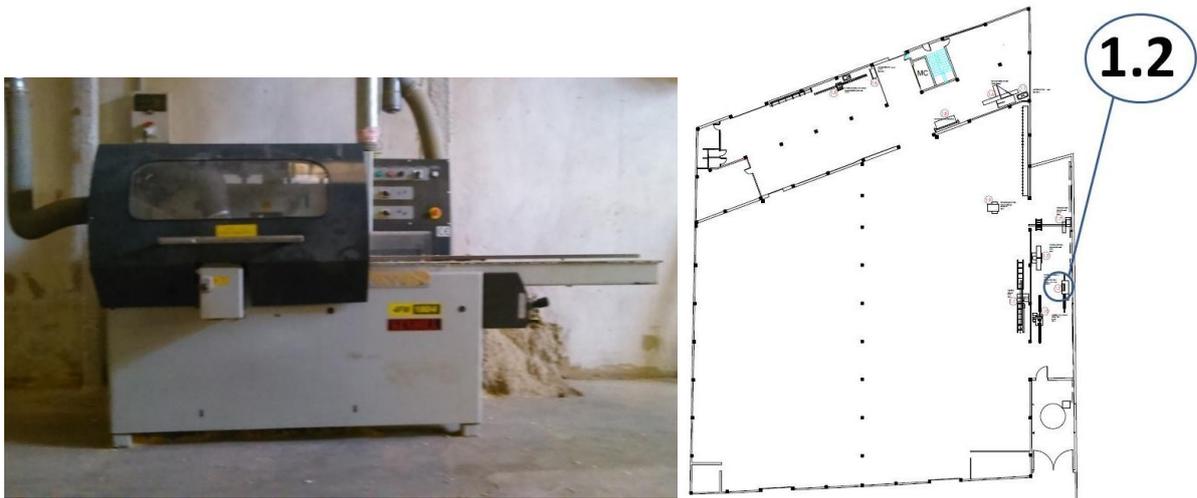


Figura 7 . Cepilladora a 4 caras KEMBILL y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

CEPILLADORA  
POSICION 11 (fig. 5)

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,      2015 May 27
Hora Inicio    07:47:43
Tiempo        00:01:08
Saturaciçn    0,0 %
Subgama       0,0 %
Barrido N§    2/2
    
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

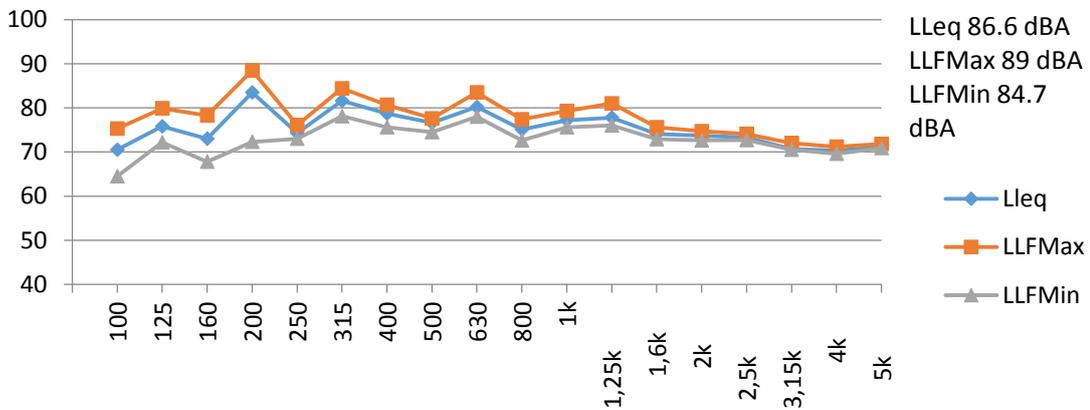
```

////////////////////////////////////
LLeq          90,4 dB
LLFMax        101,4 dB
LLFMin        85,8 dB
    
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  70,5  75,3  64,5
125  75,8  79,9  72,2
160  73,0  78,3  67,8
200  83,5  88,5  72,3
250  74,3  76,1  73,0
315  81,6  84,4  78,1
400  78,7  80,7  75,6
500  76,6  77,6  74,5
630  80,2  83,5  78,0
800  75,1  77,4  72,6
1k   77,2  79,3  75,6
1,25k 77,8  81,0  76,0
1,6k  74,1  75,6  72,9
2k    73,7  74,7  72,6
2,5k  73,3  74,1  72,7
3,15k 70,7  72,0  70,5
4k    70,3  71,2  69,
5k    71,1  71,8  70,9
    
```



Gráfica 2 .Cepilladora a 4 caras posición 1.2 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta medición se realizó con la máquina funcionando sola, sin ninguna otra alrededor funcionando a la vez y sin que estuvieran utilizándola para trabajar. Se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 200 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias bajas (de 125 Hz a 400 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 89, siendo una máquina por sí sola ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas.

CEPILLADORA  
POSICION 12 (fig. 5)

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         07:49:31
Tiempo             00:01:08
Saturaci3n         0,0 %
Subgama            0,0 %
Barrido N3         2/2
  
```

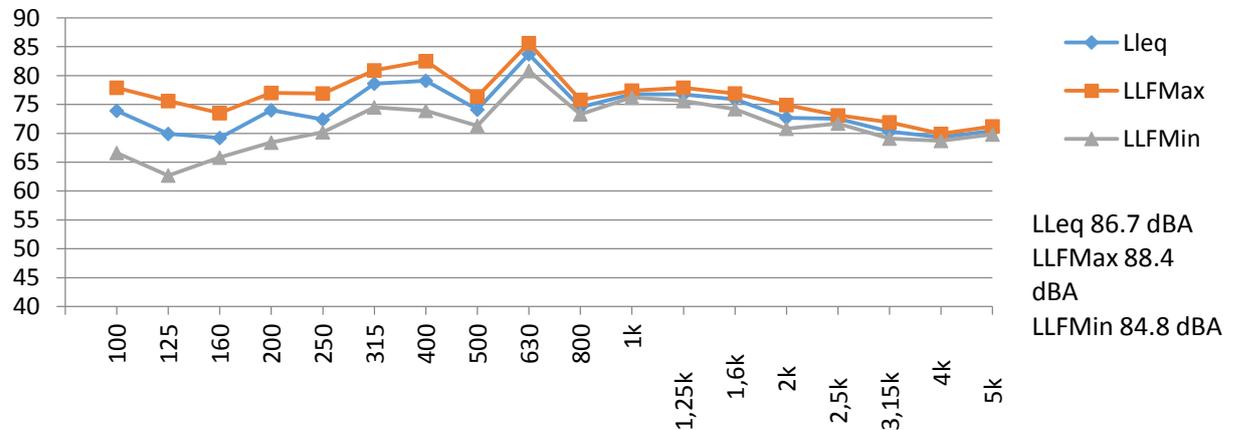
RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

```

////////////////////////////////////
LLeq                90,0 dB
LLFMax              95,3 dB
LLFMin              87,2 dB
  
```

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMax LFMin
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  73,9 77,9 66,6
125  69,9 75,6 62,7
160  69,2 73,5 65,8
200  74,0 77,0 68,4
250  72,4 76,9 70,2
315  78,6 80,9 74,5
400  79,1 82,5 73,9
500  74,1 76,4 71,3
630  83,7 85,6 80,8
800  74,5 75,8 73,3
1k   76,8 77,4 76,2
1,25k 76,7 77,9 75,6
1,6k  75,9 76,9 74,2
2k   72,7 74,9 70,8
2,5k  72,5 73,1 71,7
3,15k 70,3 71,9 69,1
4k   69,3 69,9 68,7
5k   70,4 71,2 69,8
  
```



Gráfica 3. Cepilladora a 4 caras posición 1.2 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta medición se realizó con la máquina funcionando sola, sin ninguna otra alrededor funcionando a la vez y sin que trabajasen con ella. Se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 630 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias bajas (de 125 Hz a 400 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 88.4, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas.

1.3 Cepilladora SICAR RAPID 400 E

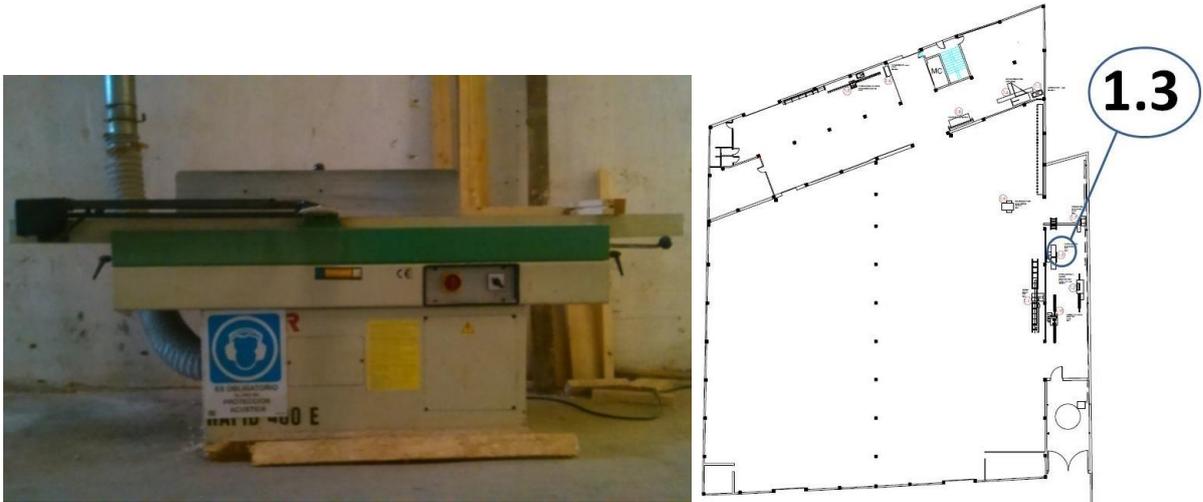


Figura 8 SICAR RAPID 400 E y localización en la nave . 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

CEPILLADORA/REGRUESADORA.  
POSICIÓN 10 (fig. 5).  
CON MATERIAL.

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,      2015 May 27
Hora Inicio    07:40:57
Tiempo         00:01:08
Saturación    0,0 %
Subgama       0,0 %
Barrido N5    2/2
    
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

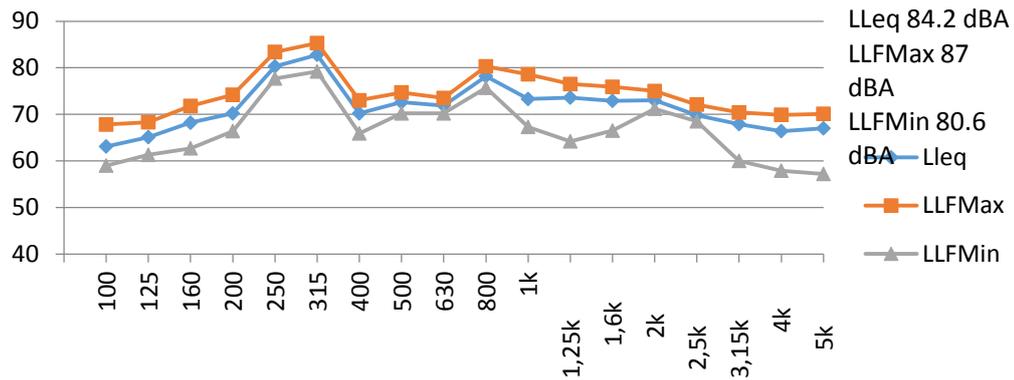
```

////////////////////////////////////
LLeq           89,0 dB
LLFMax         92,0 dB
LLFMin         87,0 dB
    
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  63,1  67,8  59,0
125  65,1  68,3  61,3
160  68,2  71,8  62,7
200  70,2  74,2  66,4
250  80,3  83,4  77,7
315  82,8  85,3  79,2
400  70,2  73,0  65,9
500  72,6  74,7  70,2
630  71,9  73,5  70,2
800  78,2  80,3  75,7
1k   73,3  78,6  67,3
1,25k  73,6  76,5  64,2
1,6k  72,9  75,9  66,5
2k   73,0  75,0  71,2
2,5k  69,8  72,1  68,5
3,15k  67,9  70,4  60,0
4k   66,4  69,9  57,9
5k   67,0  70,1  57,2
    
```



Gráfica 4. Cepilladora posición 1.3 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta medición se realizó con la máquina funcionando sola, sin ninguna otra alrededor funcionando a la vez y mientras la utilizaban para trabajar. Se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 315 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias bajas (de 125 Hz a 400 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 87, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas. Las curvas de la gráfica LLFmin que se puede ver en los intervalos 1000-1600 Hz y 3150-5000 Hz son debidas a que el sonómetro realiza dos barridos, uno para la curva máxima y otra para la curva mínima y en ese momento el operario debió de dejar de trabajar.

CEPILLADORA/REGRUESADORA.  
POSICIÓN 10 (fig. 5).  
SIN MATERIAL.

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         07:42:26
Tiempo             00:01:08
Saturación         0,0 %
Subgama            0,0 %
Barrido N°         2/2
  
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

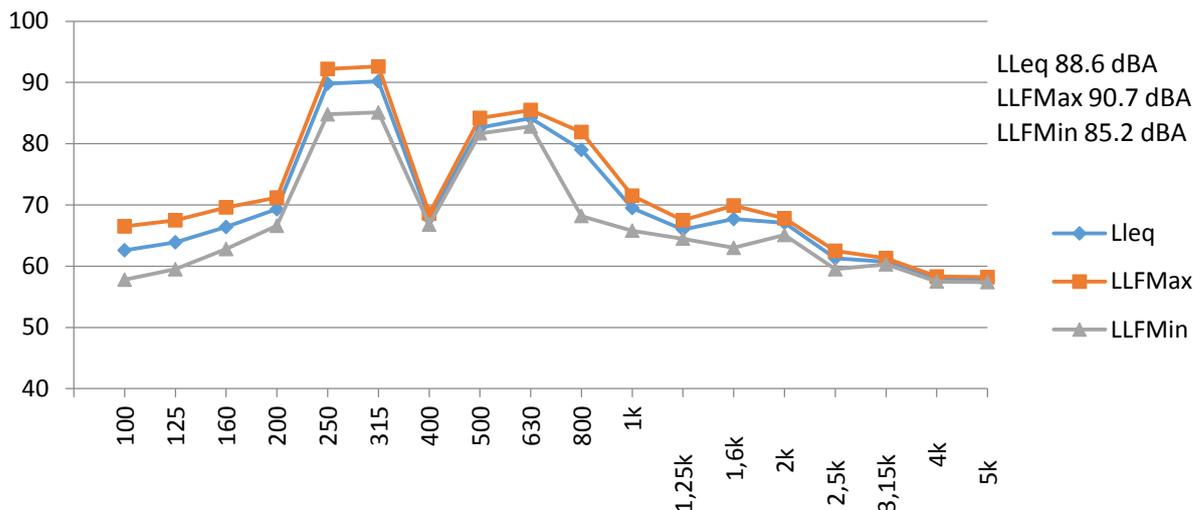
```

////////////////////////////////////
LLeq                94,8 dB
LLFMax              96,9 dB
LLFMin              90,3 dB
  
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq  LFMMax  LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  62,6  66,5  57,8
125  63,9  67,5  59,5
160  66,4  69,6  62,8
200  69,3  71,2  66,6
250  89,8  92,2  84,8
315  90,2  92,6  85,1
400  67,8  68,6  66,8
500  82,6  84,2  81,7
630  84,2  85,5  82,8
800  79,0  81,9  68,2
1k   69,5  71,5  65,8
1,25k  66,0  67,5  64,5
1,6k  67,7  69,9  63,0
2k   67,1  67,8  65,1
2,5k  61,3  62,5  59,5
3,15k  60,7  61,3  60,3
4k   57,9  58,3  57,5
5k   57,7  58,2  57,4
  
```



Gráfica 5. Cepilladora posición 1.3 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta medición se realizó con la máquina funcionando sola, sin ninguna otra alrededor funcionando a la vez. Se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 315 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias medias (de 500 Hz a 1000 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 90.7, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

CEPILLADORA/REGRESADORA  
SIN MATERIAL.  
POSICIÓN 11 (fig. 5).

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         07:43:54
Tiempo              00:01:08
Saturación          0,0 %
Subgama             0,0 %
Barrido N§          2/2
  
```

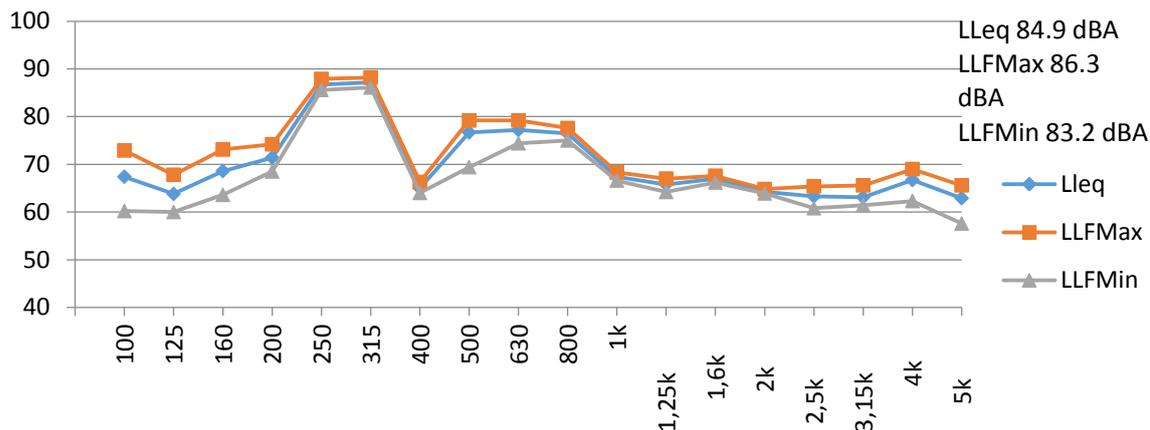
RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

```

////////////////////////////////////
LLeq                90,8 dB
LLFMax              93,2 dB
LLFMin              89,3 dB
  
```

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  67,4  72,9  60,2
125  63,8  67,8  60,0
160  68,6  73,1  63,6
200  71,4  74,2  68,5
250  86,7  87,9  85,6
315  87,2  88,2  86,1
400  65,0  66,3  64,0
500  76,7  79,2  69,4
630  77,2  79,2  74,4
800  76,5  77,6  75,0
1k   67,4  68,3  66,6
1,25k  65,8  67,0  64,2
1,6k  67,0  67,6  66,2
2k   64,2  64,8  63,9
2,5k  63,3  65,4  60,8
3,15k  63,1  65,6  61,4
4k   66,7  69,0  62,3
5k   62,9  65,6  57,6
  
```



Gráfica 6 . Cepilladora posición 1.3 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

AL igual que en el caso anterior en esta ocasión la cepilladora no funcionaba con material, si no que se encontraba encendida pero sin trabajar, pero esta medida fue tomada desde otra localización y se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 315 Hz. Se observa que el sonómetro recibe mayor nivel en frecuencias bajas (de 125 Hz a 400 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 86.3, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

CEPILLADORA.  
POSICIÓN 9 (fig. 5).  
CON MATERIAL

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         08:09:01
Tiempo              00:01:08
Saturación          0,0 %
Subgama             0,0 %
Barrido N5          2/2
  
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

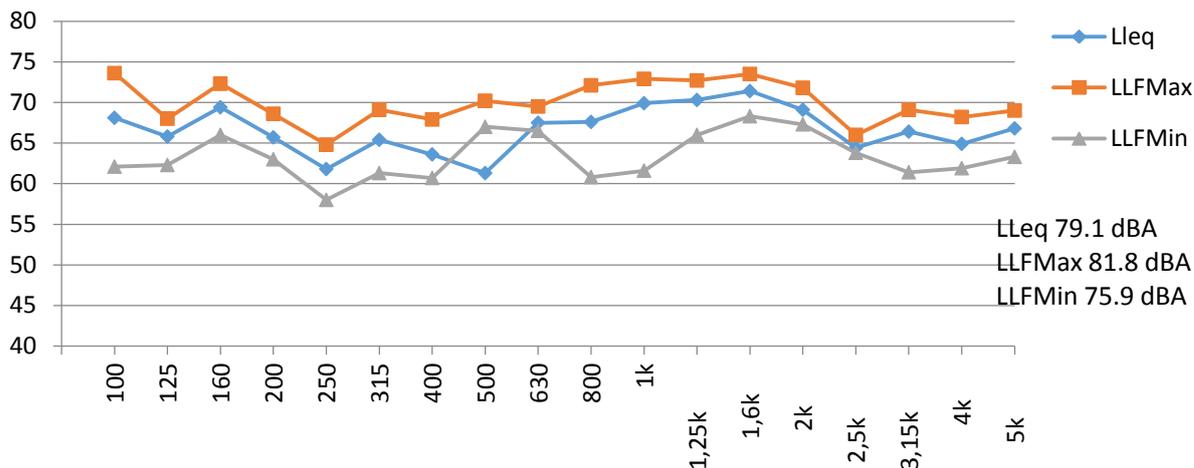
```

////////////////////
LLeq                82,0 dB
LLFMax              85,9 dB
LLFMin              78,5 dB
  
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  68,1  73,6  62,1
125  65,8  68,0  62,3
160  69,4  72,3  66,0
200  65,7  68,6  63,0
250  61,8  64,8  58,0
315  65,4  69,1  61,3
400  63,6  67,9  60,7
500  67,0  70,2  61,3
630  67,5  69,5  66,5
800  67,6  72,1  60,8
1k   69,9  72,9  61,6
1,25k  70,3  72,7  66,0
1,6k  71,4  73,5  68,3
2k   69,1  71,8  67,3
2,5k  64,4  66,0  63,8
3,15k  66,4  69,1  61,4
4k   64,9  68,2  61,9
5k   66,8  69,0  63,3
  
```



Gráfica 7. Cepilladora posición 1.3 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

En este caso se eligió una nueva localización para hacer mediciones también con material y sin material, en la presente grafica encontramos los datos para la cepilladora trabajando la madera y se observa que los niveles frecuencias altas son más o menos homogéneos. y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 81.7, siendo una máquina no ruidosa y por tanto no sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

CEPILLADORA.  
POSICIÓN 9 (fig. 5).  
SIN MATERIAL

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         08:05:46
Tiempo             00:01:08
Saturación         0,0 %
Subgama            0,0 %
Barrido N$         2/2
  
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

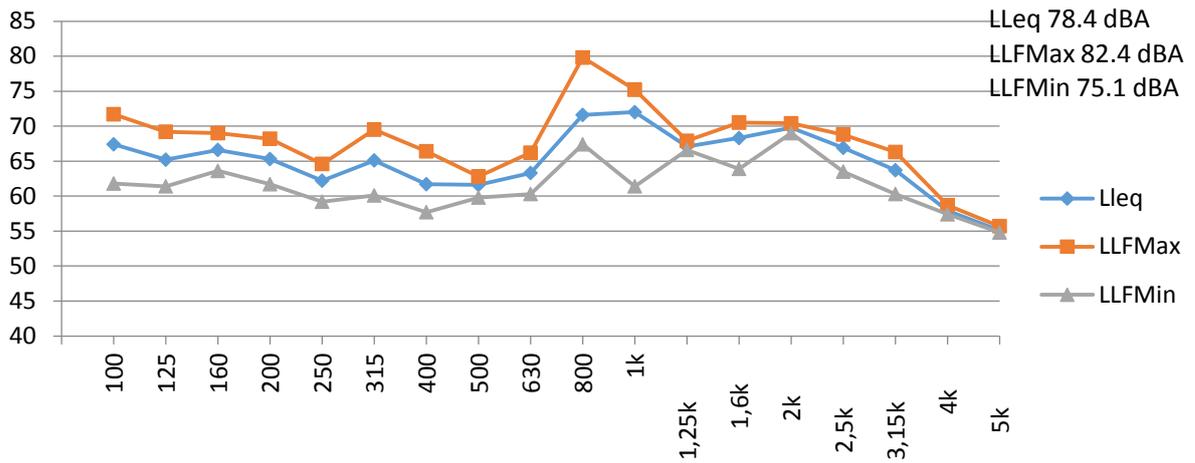
```

////////////////////////////////////
LLeq                81,0 dB
LLFMax              87,9 dB
LLFMin              77,6 dB
  
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  67,4  71,7  61,8
125  65,2  69,2  61,4
160  66,6  69,0  63,6
200  65,3  68,2  61,7
250  62,2  64,6  59,2
315  65,1  69,5  60,1
400  61,7  66,4  57,7
500  61,6  62,8  59,8
630  63,3  66,2  60,3
800  71,6  79,8  67,4
1k   72,0  75,2  61,4
1,25k  67,1  67,9  66,6
1,6k  68,3  70,5  63,9
2k   69,8  70,4  69,0
2,5k  66,9  68,8  63,5
3,15k  63,7  66,3  60,3
4k   57,9  58,7  57,4
5k   55,1  55,7  54,8
  
```



Gráfica 8. Cepilladora posición 1.3 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Desde esta misma posición la cepilladora se midió también mientras se encontraba en funcionamiento pero no se estaba trabajando ningún material. Se observa en la gráfica un pico máximo en la frecuencia 800 Hz. y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 82.4, siendo una máquina no ruidosa y por tanto no sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

#### 1.4 Compresor ABAC PRO A39B-270 FT3

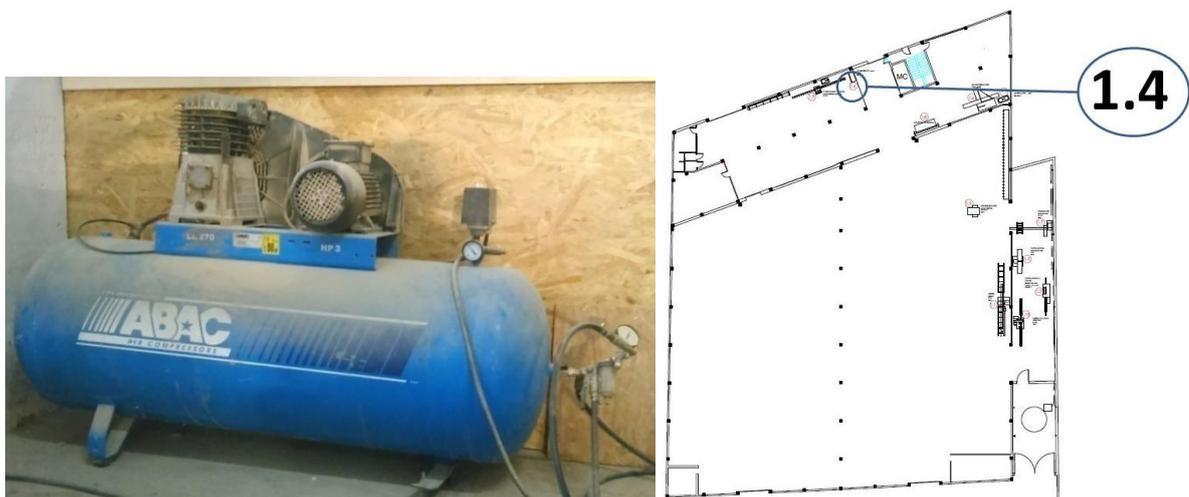


Figura 9 Compresor y localización en la nave.2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

COMPRESOR.  
POSICIÓN 2 (fig. 5)

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 21
Hora Inicio         07:57:03
Tiempo              00:01:08
Saturación          0,0 %
Subgama             0,0 %
Barrido N§          2/2
    
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

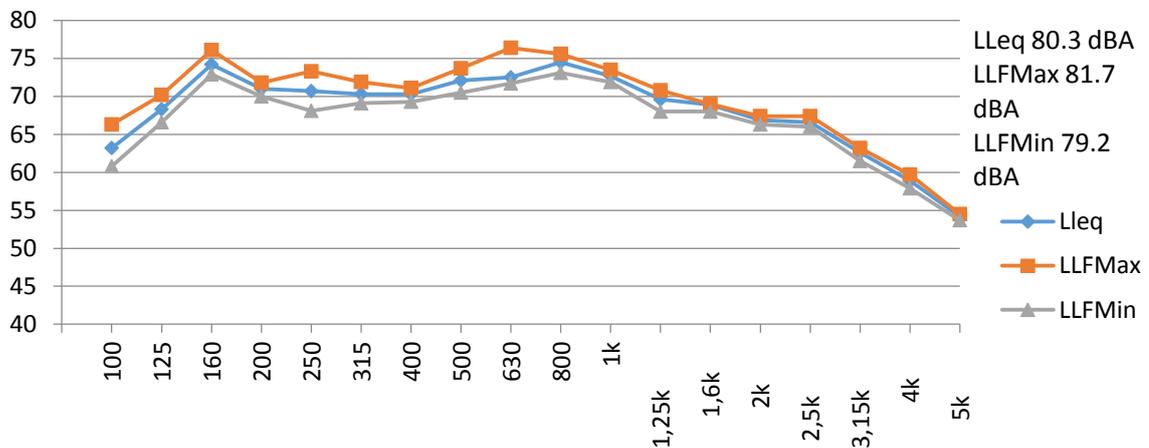
```

////////////////////
LLeq                83,7 dB
LLFMax              94,9 dB
LLFMin              82,7 dB
    
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMax LFMin
////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////
100  63,2  66,3  60,8
125  68,3  70,2  66,6
160  74,2  76,1  72,9
200  71,0  71,8  70,0
250  70,7  73,3  68,1
315  70,3  71,9  69,1
400  70,3  71,1  69,3
500  72,1  73,7  70,5
630  72,5  76,4  71,7
800  74,5  75,6  73,1
1k   72,7  73,5  71,9
1,25k 69,6  70,8  68,0
1,6k  68,9  69,8  68,0
2k    66,9  67,4  66,3
2,5k  66,6  67,4  66,0
3,15k 62,6  63,2  61,5
4k    58,9  59,7  57,9
5k    54,2  54,5  53,7
    
```



Gráfica 9. Compresor posición 1.4 Niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta medición se realizó con solo el compresor en marcha y se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 315 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias bajas y medias (de 100 Hz a 1000 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 81.7, siendo una máquina no ruidosa y por tanto no sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

1.5 Cortadora de línea FOM INDUSTRIE PANDA 400

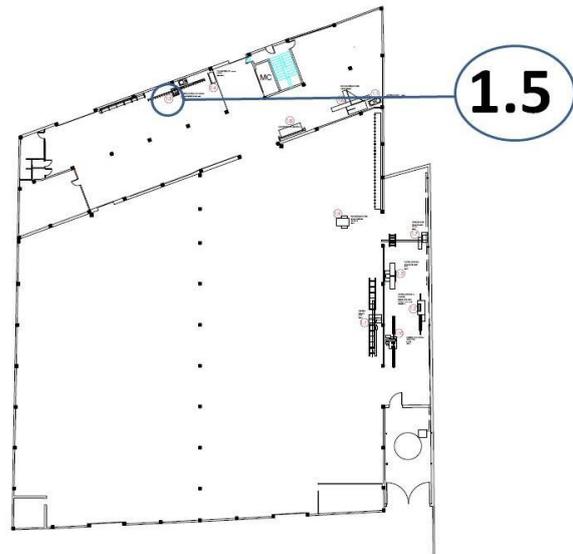


Figura 10 Cortadora de línea y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

CORTADORA DE LINEA Y ASPIRADOR.  
POSICIÓN 2 (fig. 5).  
CON MATERIAL MADERA:

RESULTADOS GLOBALES:

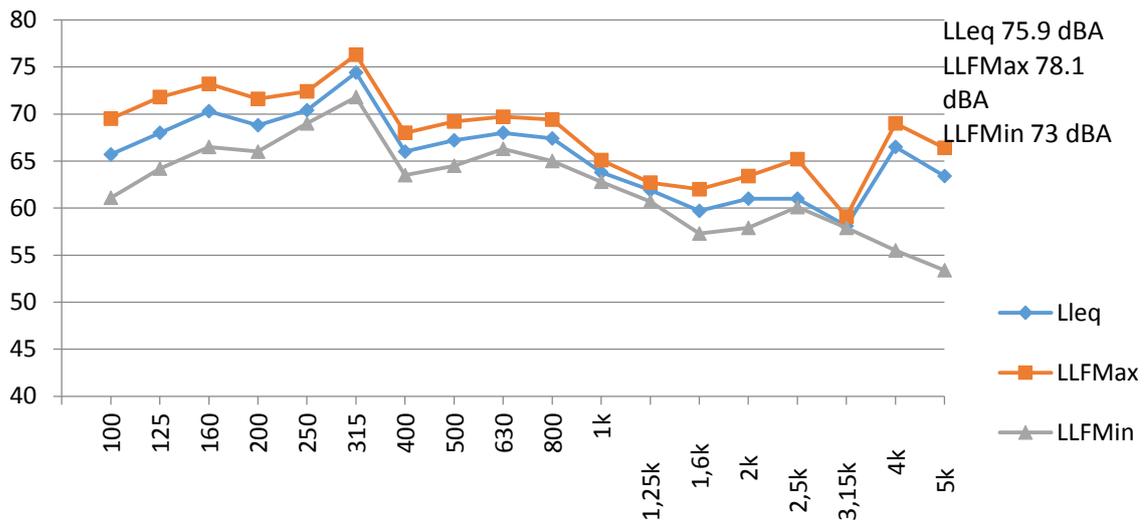
////////////////////////////////////  
 Fecha Ini,           2015 May 27  
 Hora Inicio           08:29:57  
 Tiempo               00:01:08  
 Saturación           0,0 %  
 Subgama              0,0 %  
 Barrido N§            2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

////////////////////////////////////  
 LLeq                   82,1 dB  
 LLFMax                86,7 dB  
 LLFMin                79,7 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////	Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////	Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////				
	100	65,7	69,5	61,1
	125	68,0	71,8	64,2
	160	70,3	73,2	66,5
	200	68,8	71,6	66,0
	250	70,4	72,4	69,0
	315	74,4	76,3	71,8
	400	66,0	68,0	63,5
	500	67,1	69,2	64,5
	630	68,0	69,7	66,3
	800	67,4	69,4	65,0
	1k	63,8	65,1	62,8
	1,25k	61,9	62,7	60,7
	1,6k	59,7	62,0	57,3
	2k	61,0	63,4	57,1
	2,5k	61,0	65,2	60,1
	3,15k	58,1	59,1	57,9
	4k	66,5	69,0	55,5
	5k	63,4	66,4	53,4



Gráfica 10 Cortadora de línea posición 1.5 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La cortadora de línea puede cortar tanto madera como aluminio, en este caso la cortadora se encontraba trabajando con madera y se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 315 Hz. y que la máquina emite mayor nivel en frecuencias bajas (de 100 Hz a 400 Hz) que en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 78.1, no siendo una máquina ruidosa y por tanto no sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

CORTADORA DE LINEA Y ASPIRADOR.  
POSICIÓN 2 (fig. 5).  
CON MATERIAL ALUMINIO

CAMBIO DE CONFIGURACION:

////////////////////////////////////  
 Rango: 50,0 / 130,0 dB

RESULTADOS GLOBALES:

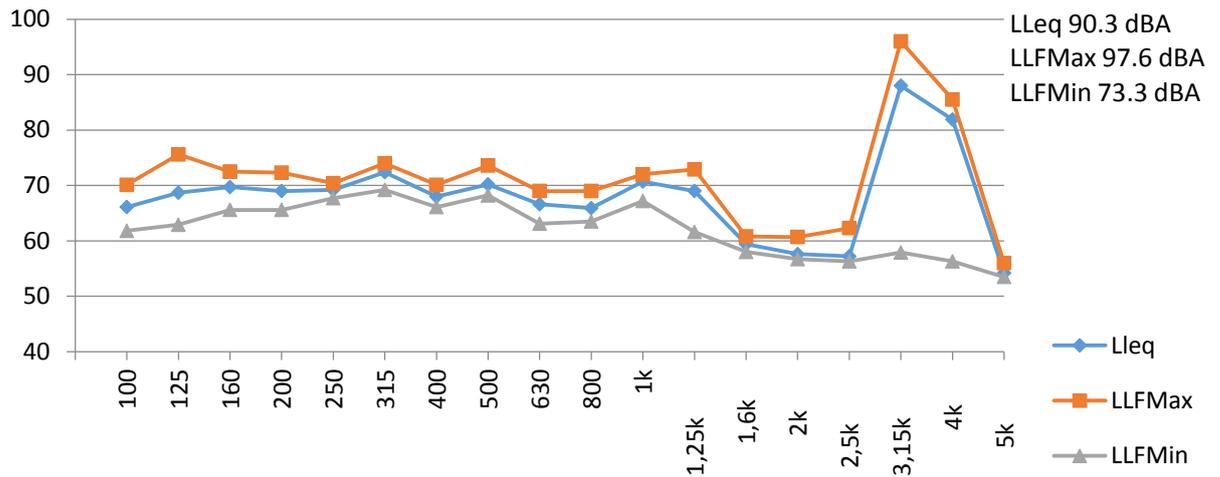
////////////////////////////////////  
 Fecha Ini, 2015 May 27  
 Hora Inicio 08:33:58  
 Tiempo 00:01:08  
 Saturación 0,0 %  
 Subgama 0,1 %  
 Barrido N§ 2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

////////////////////////////////////  
 LLeq 99,7 dB  
 LLFMax 111,7 dB  
 LLFMin 79,1 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////			
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////			
100	66,1	70,1	61,8
125	68,7	75,6	62,9
160	69,7	72,5	65,6
200	69,0	72,3	65,6
250	69,2	70,4	67,7
315	72,4	74,0	69,2
400	68,0	70,1	66,1
500	70,2	73,6	68,2
630	66,6	69,0	63,1
800	65,9	69,0	63,5
1k	70,7	72,0	67,2
1,25k	69,0	72,9	61,6
1,6k	59,4	60,8	58,0
2k	57,6	60,7	56,7
2,5k	57,2	62,3	56,3
3,15k	88,0	96,0	57,9
4k	81,9	85,5	56,3
5k	54,2	56,0	53,5



Gráfica 11. Cortadora de línea posición 1.5 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Como se ha mencionado anteriormente la cortadora puede trabajar con aluminio, en este caso se encontraba cortando aluminio y comparativamente con la anterior gráfica se puede un pico máximo en la frecuencia 3150 Hz. y que la máquina emite mayor nivel en frecuencias en altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) siendo el nivel medio máximo emitido en dBA es de 97.6, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

CORTADORA DE LINEA Y ASPIRADOR.  
POSICIÓN 1 (fig. 5).  
CON MATERIAL ALUMINIO

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio        08:35:34
Tiempo            00:01:08
Saturación        0,0 %
Subgama           0,0 %
Barrido N§        2/2
  
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

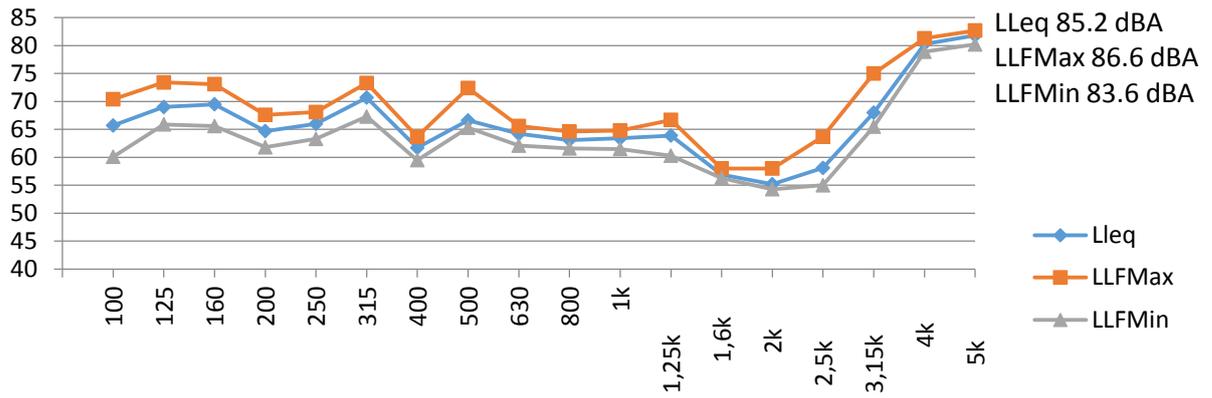
```

////////////////////
LLeq              95,5 dB
LLFMax            106,6 dB
LLFMin            77,7 dB
  
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMx LFMIn
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////
100   65,7 70,4 60,1
125   69,0 73,4 65,9
160   69,5 73,1 65,6
200   64,7 67,6 61,8
250   66,0 68,1 63,3
315   70,7 73,3 67,3
400   61,7 63,7 59,5
500   66,6 72,4 65,3
630   64,2 65,6 62,1
800   63,1 64,6 61,6
1k    63,4 64,8 61,5
1,25k 63,9 66,7 60,3
1,6k  56,9 58,0 56,3
2k    55,2 58,0 54,2
2,5k  58,1 63,7 55,0
3,15k 68,0 75,0 65,5
4k    80,3 81,3 78,9
5k    81,8 82,7 80,2
  
```



Gráfica 12. Cortadora de línea posición 1.5 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Al igual que en el caso anterior esta gráfica corresponde a la cortadora trabajando con aluminio pero en esta ocasión las mediciones se han hecho desde una localización diferente. Se observa en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 315 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 86.6, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

### 1.6 Escuadradora ORZA SE-320T

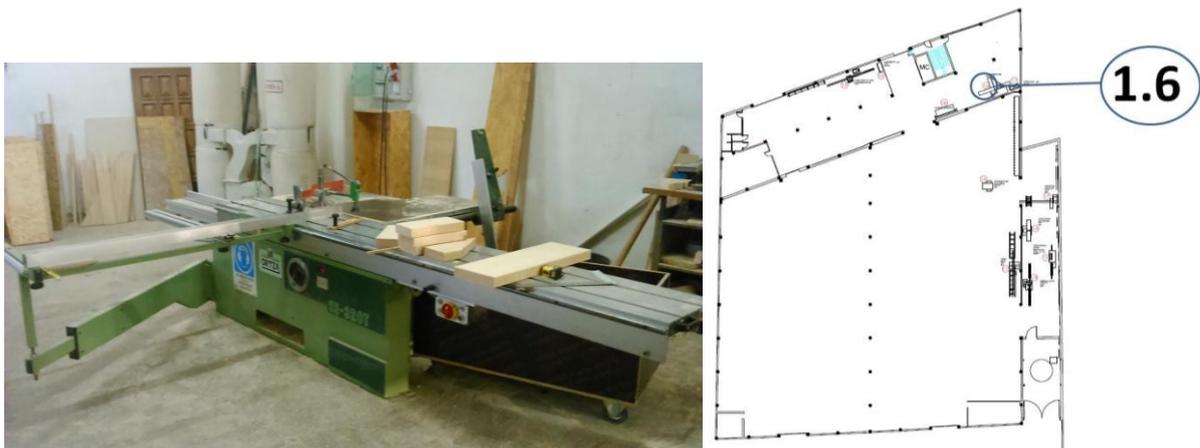


Figura 11 Escuadradora y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

ESCUADRADORA Y ASPIRADOR.  
POSICIÓN 4 (fig. 5).  
SIN MATERIAL.

**RESULTADOS GLOBALES:**

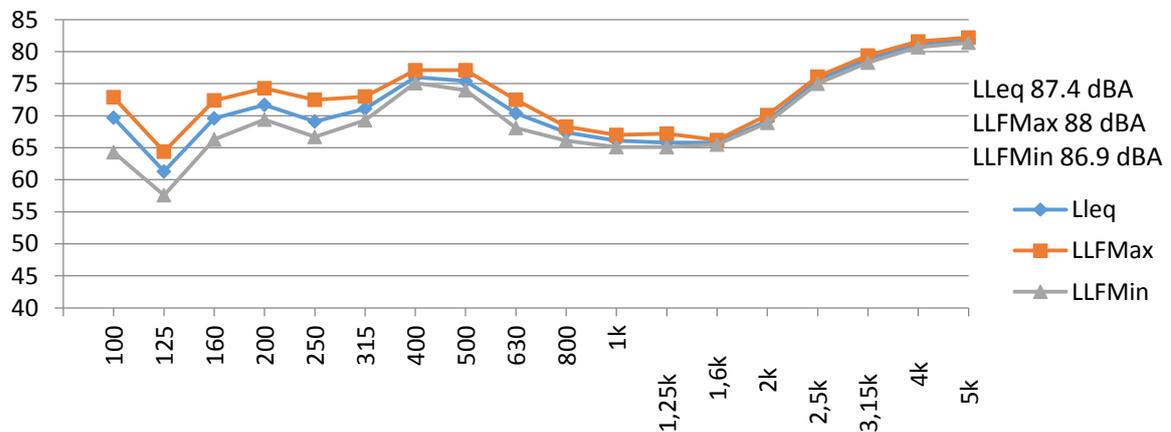
////////////////////  
 Fecha Ini,           2015 May 27  
 Hora Inicio           07:16:47  
 Tiempo                00:01:08  
 Saturación            0,0 %  
 Subgama              0,0 %  
 Barrido N§            2/2

**RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:**

////////////////////  
 LLeq                   88,3 dB  
 LLFMax                89,0 dB  
 LLFMin                87,7 dB

**RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:**

////////////////////////////////////			
Frec,	Marcas	Leq	LFMax LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB dB
////////////////////////////////////			
100		69,7	72,9 64,3
125		61,3	64,4 57,6
160		69,6	72,4 66,3
200		71,7	74,3 69,4
250		69,1	72,5 66,7
315		71,1	73,0 69,3
400		76,0	77,1 75,1
500		75,4	77,1 74,0
630		70,4	72,5 68,1
800		67,4	68,3 66,1
1k		66,1	67,0 65,1
1,25k		65,8	67,2 65,1
1,6k		65,8	66,2 65,5
2k		69,2	70,1 68,9
2,5k		75,6	76,1 75,0
3,15k		78,9	79,4 78,3
4k		81,1	81,6 80,7
5k		81,8	82,2 81,4



Gráfica 13. Escuadradora posición 1.6 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

En esta primera posición para tomar las medidas de la escuadradora, se encontraba en funcionamiento pero sin material, pero si se encontraba el aspirador encendido y en la suma de ambas se observa en la gráfica que los niveles de las frecuencias medias y bajas son parecidos y que en las altas hay una diferencia notable entre la 1000 y la 5000 y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 88, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

ESCUADREADORA Y ASPIRADOR.  
POSICIÓN 5 (fig. 5).  
SIN MATERIAL.

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio        07:18:49
Tiempo            00:01:08
Saturación        0,0 %
Subgama           0,0 %
Barrido N°        2/2
  
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

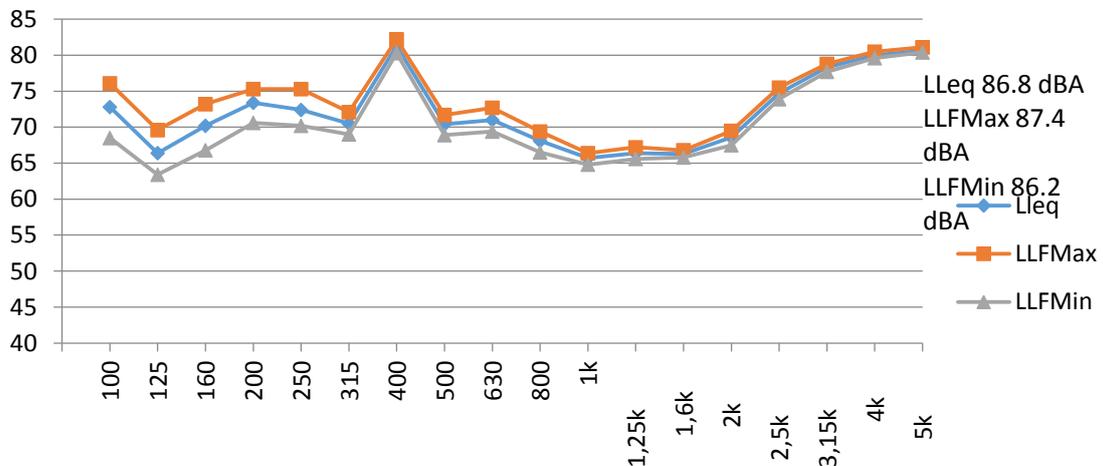
```

////////////////////////////////////
LLeq              88,2 dB
LLFMax            88,9 dB
LLFMin            87,6 dB
  
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  72,8  76,1  68,5
125  66,4  69,6  63,4
160  70,2  73,2  66,8
200  73,4  75,3  70,6
250  72,4  75,3  70,2
315  70,5  72,1  69,0
400  81,3  82,2  80,3
500  70,4  71,7  68,9
630  71,0  72,7  69,4
800  68,1  69,4  66,5
1k   65,7  66,4  64,8
1,25k 66,4  67,2  65,6
1,6k  66,3  66,8  65,8
2k   68,6  69,5  67,5
2,5k  74,7  75,5  73,9
3,15k 78,3  78,8  77,7
4k   80,0  80,5  79,6
5k   80,6  81,1  80,4
  
```



Gráfica 14. Escuadradora posición 1.6 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta grafica corresponde al igual que el caso anterior a la maquina trabajando sin material pero en este caso nos hemos desplazado a una nueva posición para realizar las mediciones, pero manteniendo el aspirador encendido y se puede ver en la gráfica los niveles en dB de las frecuencias medidas, habiendo un pico máximo en la frecuencia 400 Hz. Se observa que la máquina emite mayor nivel en frecuencias altas (de 1250 Hz a 4000 Hz) y que el nivel medio máximo emitido en dBA es de 87.4, siendo una máquina ruidosa y por tanto sería necesaria la utilización de protecciones auditivas

ESCUADEADORA Y ASPIRADOR.  
POSICIÓN 4 (fig. 5).  
CON MATERIAL.

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio        07:23:30
Tiempo            00:01:08
Saturación        0,0 %
Subgama           0,0 %
Barrido N§        2/2
    
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

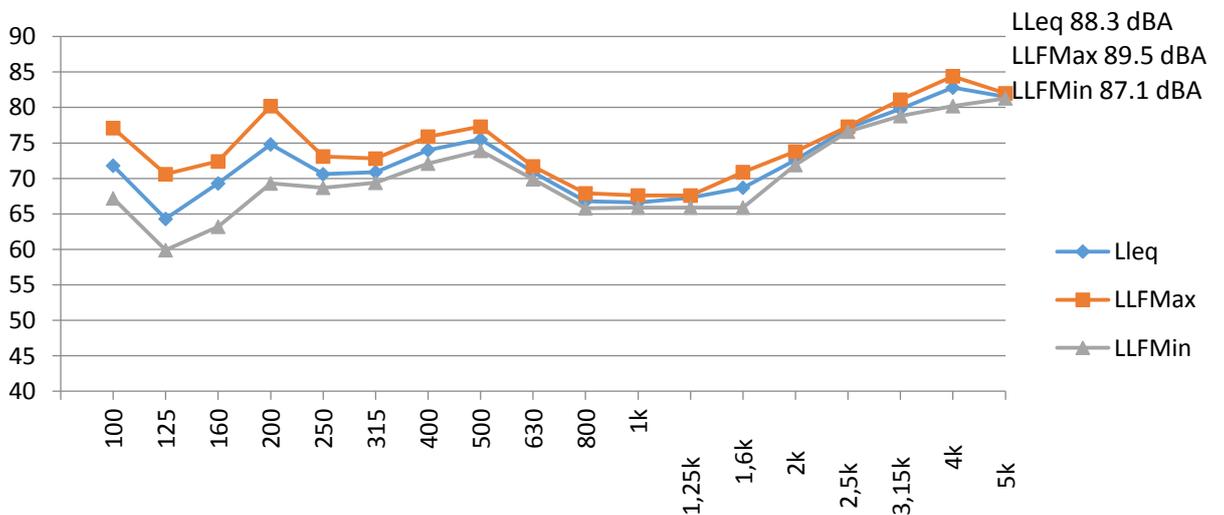
```

////////////////////
LLeq              89,2 dB
LLFMax            94,0 dB
LLFMin            87,1 dB
    
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMaX LFMIn
////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////
100  71,8  77,1  67,2
125  64,3  70,6  59,9
160  69,3  72,4  63,2
200  74,8  80,2  69,3
250  70,6  73,1  68,7
315  70,9  72,8  69,4
400  74,0  75,9  72,1
500  75,5  77,3  73,9
630  70,9  71,7  69,9
800  66,8  67,9  65,8
1k   66,6  67,6  65,9
1,25k 67,3  69,3  64,9
1,6k  68,7  70,9  65,9
2k   72,6  73,8  71,9
2,5k  77,1  77,3  76,6
3,15k 79,8  81,1  78,8
4k   82,8  84,4  80,2
5k   81,5  82,0  81,3
    
```



Gráfica 15. Escuadradora posición 1.6 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta grafica corresponde a la posición anterior (grafico 13), pero en este caso si se encontraba en funcionamiento con material y el aspirador en funcionamiento y se visualiza como la curva de los frecuencias bajas se mantiene practicamente igual y la de las frecuencias altas aumenta un poco siendo el nivel medio máximo emitido en dBA de 89.5 lo que indica que es una máquina ruidosa y la necesidad de las protecciones auditivas.

ESCUADRADORA.  
POSICIÓN 4 (fig. 5).  
SIN MATERIAL.

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,      2015 May 27
Hora Inicio     07:25:42
Tiempo         00:01:08
Saturación     0,0 %
Subgama        0,0 %
Barrido N$     2/2
  
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

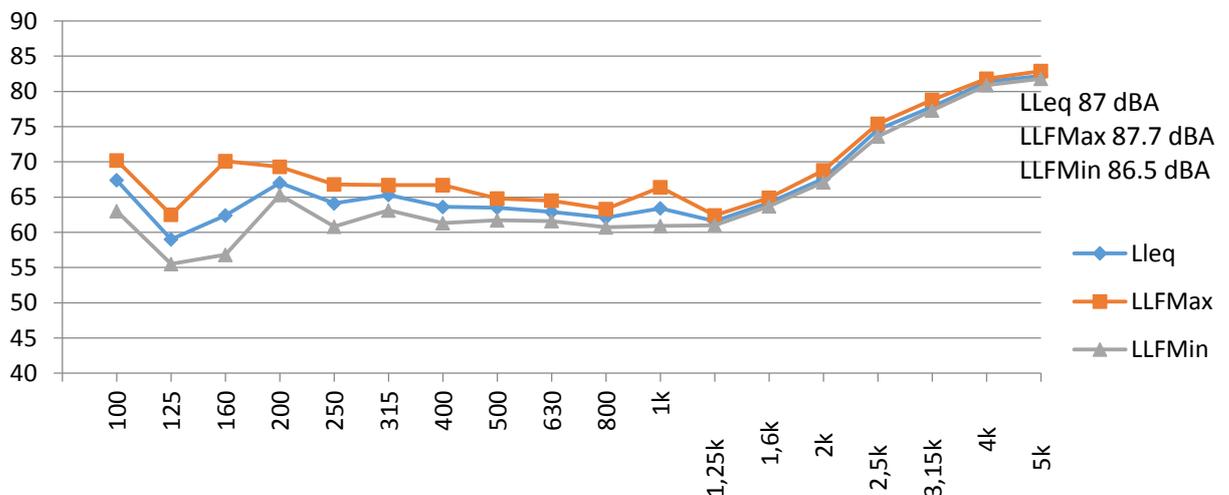
```

////////////////////////////////////
LLeq           87,1 dB
LLFMax         88,8 dB
LLFMin         86,2 dB
  
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LfMax LfMin
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  67,4  70,2  63,0
125  59,0  62,5  55,5
160  62,4  70,1  56,8
200  67,0  69,3  65,3
250  64,1  66,8  60,8
315  65,3  66,7  63,1
400  63,6  66,7  61,3
500  63,5  64,8  61,7
630  62,9  64,5  61,6
800  62,1  63,3  60,7
1k   63,4  66,4  60,9
1,25k 61,6  62,4  61,0
1,6k  64,2  64,9  63,7
2k   67,6  68,8  67,1
2,5k  74,6  75,4  73,6
3,15k 77,8  78,8  77,3
4k   81,4  81,8  80,9
5k   82,2  82,9  81,8
  
```



Gráfica 16. Escuadradora posición 1.6 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Al igual que en la gráfica 13 en esta primera posición para tomar las medidas de la escuadradora, se encontraba en funcionamiento pero sin material, pero a diferencia de la anterior no se encontraba el aspirador encendido lo que ello conlleva es una disminución del nivel de las frecuencias medias y bajas. El nivel medio máximo alcanzado es de 87.7 dB indicando la necesidad de la utilización de protecciones auditivas.

ESCUADRADORA.  
POSICIÓN 5 (fig. 5).  
CON MATERIAL.

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMx LFMin
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  68,9  71,1  66,8
125  60,1  63,8  56,5
160  61,6  64,9  58,7
200  66,6  69,2  63,9
250  65,6  67,9  63,4
315  62,6  64,1  60,1
400  62,0  63,4  60,0
500  63,0  64,9  60,1
630  62,3  63,3  61,3
800  61,2  62,1  59,9
1k  61,9  62,6  61,0
1,25k  61,4  62,4  60,6
1,6k  64,1  65,3  63,7
2k  68,3  68,7  67,1
2,5k  74,7  75,4  73,9
3,15k  77,2  77,8  76,7
4k  80,4  81,0  79,8
5k  81,9  82,3  81,3

```

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,      2015 May 27
Hora Inicio     07:27:01
Tiempo          00:01:08
Saturación     0,0 %
Subgama         0,0 %
Barrido N$      2/2

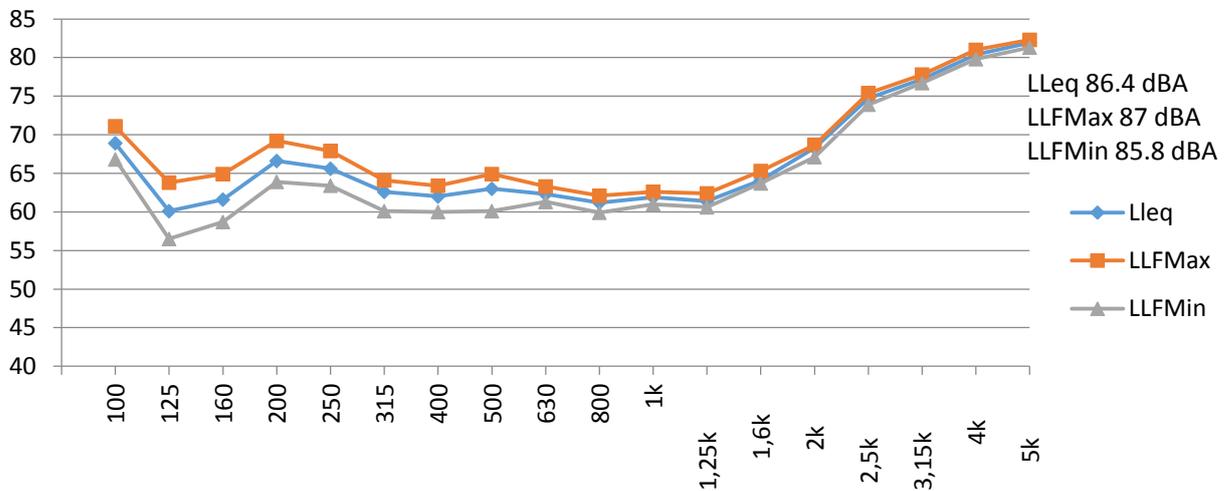
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

```

////////////////////////////////////
LLeq           87,7 dB
LLFMax         89,7 dB
LLFMin         87,1 dB

```



Gráfica 17. Escuadradora posición 1.6 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

En esta ocasión nos encontramos realizando las mediciones en la misma localización que se realizaron las mediciones de la grafica 14, pero la maquina en este caso si se encontraba trabajando con material. Al no estar encendido el aspirador, las frecuencias bajas y medias disminuyen de nivel mientras que las frecuencias altas se mantienen. El nivel medio máximo alcanzado es de 87. dB indicando la necesidad de la utilización de protecciones auditivas

1.7 Fresadora SICAR S 1000 M

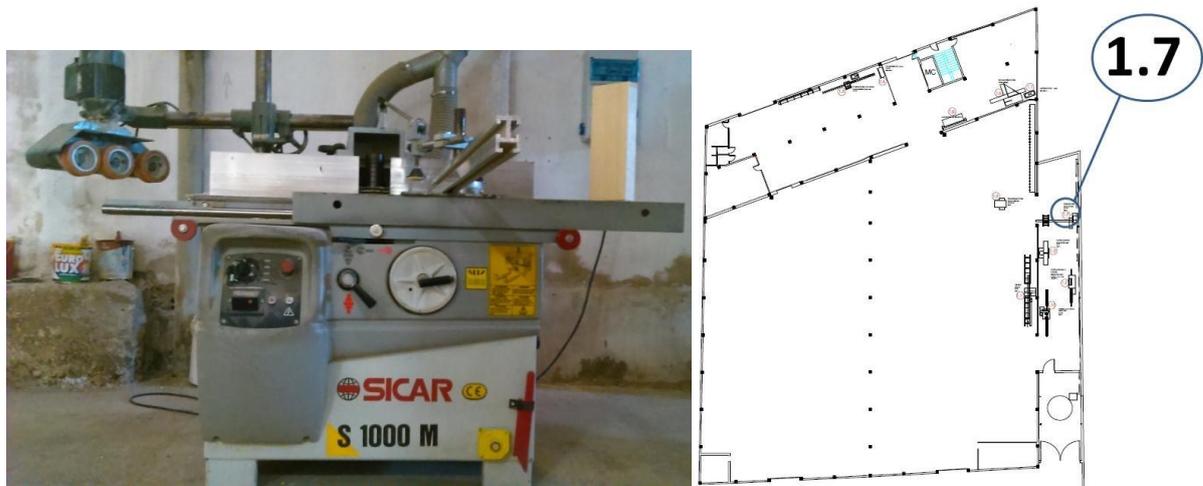


Figura 12 Fresadora y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

FRESADORA.  
POSICIÓN 9 (fig. 5).  
SIN MATERIAL

**RESULTADOS GLOBALES:**

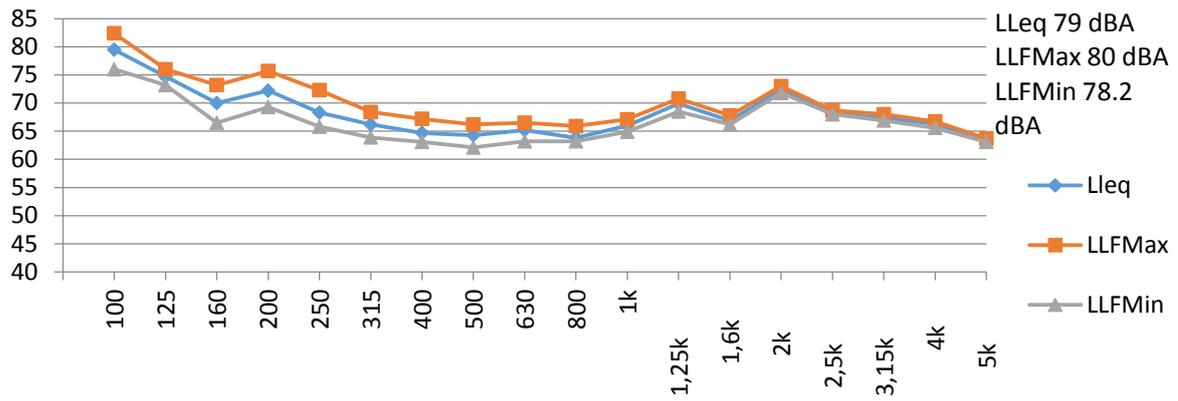
////////////////////////////////////  
 Fecha Ini,           2015 May 27  
 Hora Inicio         08:13:33  
 Tiempo             00:01:08  
 Saturación         0,0 %  
 Subgama            0,0 %  
 Barrido N§         2/2

**RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:**

////////////////////////////////////  
 LLeq                84,0 dB  
 LLFMax             86,6 dB  
 LLFMin             82,5 dB

**RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:**

////////////////////////////////////			
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////			
100	79,5	82,4	76,0
125	74,7	76,0	73,2
160	70,0	73,2	66,5
200	72,2	75,7	69,3
250	68,3	72,3	65,8
315	66,2	68,4	63,9
400	64,7	67,2	63,1
500	64,3	66,2	62,1
630	65,2	66,5	63,2
800	63,8	65,9	63,2
1k	66,0	67,1	64,9
1,25k	69,9	70,8	68,5
1,6k	66,9	67,8	66,2
2k	72,4	73,0	71,8
2,5k	68,1	68,7	68,0
3,15k	67,4	68,0	66,9
4k	66,3	66,7	65,6
5k	63,4	63,7	63,1



Gráfica 18. Fresadora posición 1.7 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La fresadora en ambas condiciones, en este caso se encontraba encendida pero sin material. Por ello se puede ver que los niveles de las frecuencias bajas son mayores que las medias y las altas. El nivel medio máximo alcanzado es de 80 dB indicando la innecesidad de la utilización de protecciones auditivas

FRESADORA.  
POSICIÓN 9 (fig. 5).  
CON MATERIAL

RESULTADOS GLOBALES:

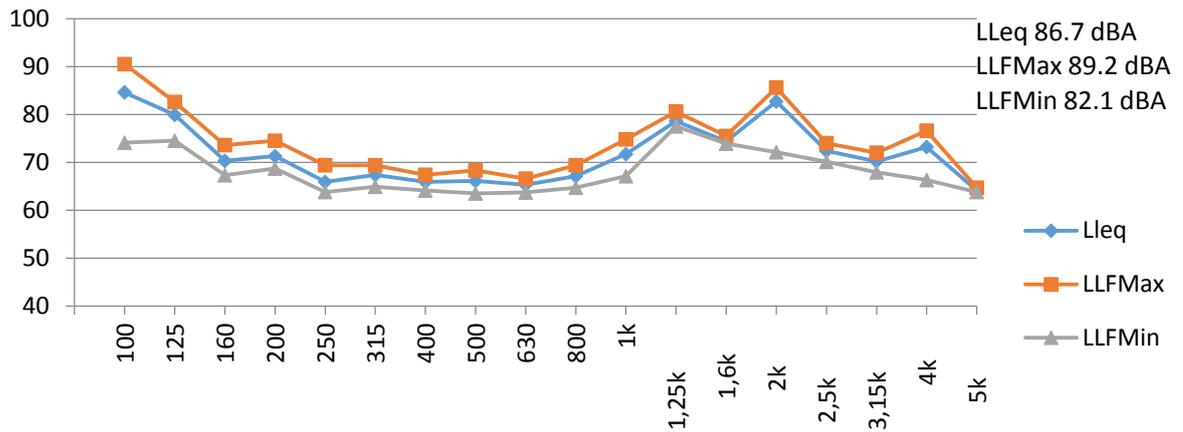
////////////////////  
 Fecha Ini, 2015 May 27  
 Hora Inicio 08:16:55  
 Tiempo 00:01:08  
 Saturación 0,0 %  
 Subgama 0,0 %  
 Barrido N5 2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

////////////////////  
 LLeq 89,8 dB  
 LLFMax 94,5 dB  
 LLFMin 83,0 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////			
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////			
100	84,6	90,5	74,1
125	79,9	82,6	74,5
160	70,3	73,6	67,3
200	71,3	74,5	68,7
250	65,9	69,4	63,8
315	67,4	69,4	64,9
400	65,9	67,4	64,1
500	66,1	68,3	63,5
630	65,3	66,6	63,7
800	67,1	69,4	64,7
1k	71,7	74,8	67,1
1,25k	78,6	80,6	77,5
1,6k	74,4	75,5	73,9
2k	82,7	85,6	72,1
2,5k	72,4	74,0	70,1
3,15k	70,2	72,0	67,9
4k	73,2	76,6	66,3
5k	64,1	64,7	63,8



Gráfica 19. Fresadora posición 1.7 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Esta grafica corresponde a las medidas tomadas a la fresadora mientras se encontraba trabajando con material, por ello comparándola con la gráfica anterior se observa un pequeño aumento en las frecuencias medias y un aumento bastante mayor en las frecuencias altas. El nivel medio máximo alcanzado es de 89.2 dBA indicando la necesidad de la utilización de protecciones auditivas

### 1.8 Lijadora de banda



Figura 13 Lijadora de banda y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

LIJADORA.  
POSICIÓN 3 (fig. 5).  
SIN MATERIAL.

**RESULTADOS GLOBALES:**

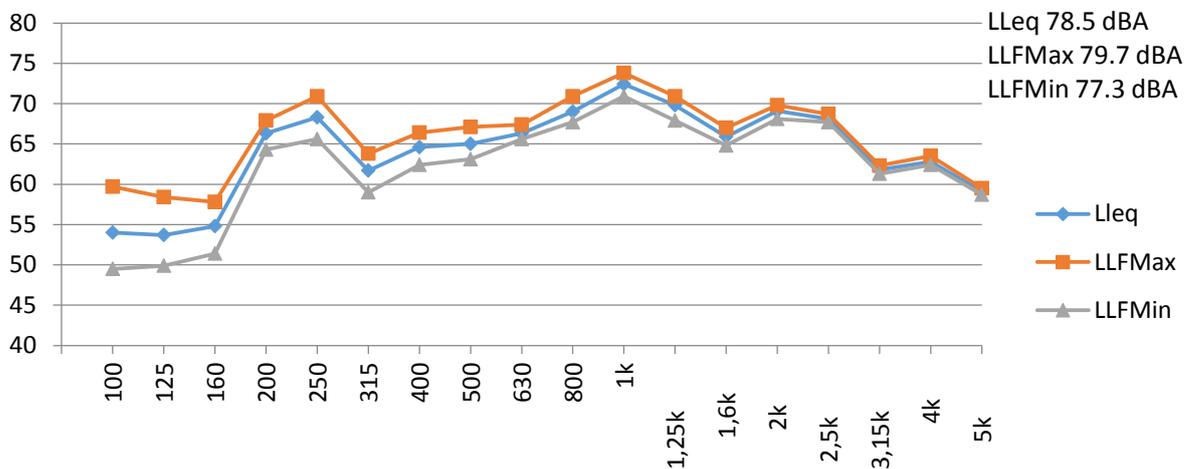
////////////////////////////////////  
 Fecha Ini,           2015 May 27  
 Hora Inicio         07:33:18  
 Tiempo             00:01:08  
 Saturación         0,0 %  
 Subgama            0,0 %  
 Barrido N§         2/2

**RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:**

////////////////////////////////////  
 LLeq                79,0 dB  
 LLFMax             80,2 dB  
 LLFMin             78,0 dB

**RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:**

////////////////////////////////////			
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////			
100	54,0	59,7	49,5
125	53,7	58,4	49,9
160	54,8	57,8	51,4
200	66,3	67,9	64,3
250	68,3	70,9	65,6
315	61,7	63,8	59,0
400	64,6	66,4	62,4
500	65,0	67,1	63,1
630	66,3	67,4	65,6
800	69,0	70,9	67,7
1k	72,4	73,8	70,9
1,25k	69,8	70,9	67,9
1,6k	65,9	67,0	64,8
2k	69,1	69,8	68,1
2,5k	68,1	68,7	67,7
3,15k	61,8	62,3	61,3
4k	62,8	63,5	62,4
5k	59,1	59,5	58,7



Gráfica 20. Lijadora de banda 1.8 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Los datos tomados de la lijadora en funcionamiento sin material nos proporcionan la grafica 20 de la cual podemos observar que las frecuencias medias predominan sobre las demás y que el nivel medio máximo alcanzado es de 79.7 dBA indicando la no necesidad de la utilización de protecciones auditivas

LIJADORA.0  
POSICIÓN 3 (fig. 5).  
CON MATERIAL.

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////
Fecha Ini,          2015 May 27
Hora Inicio         07:34:54
Tiempo              00:01:08
Saturación          0,0 %
Subgama             0,0 %
Barrido N°          2/2
    
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

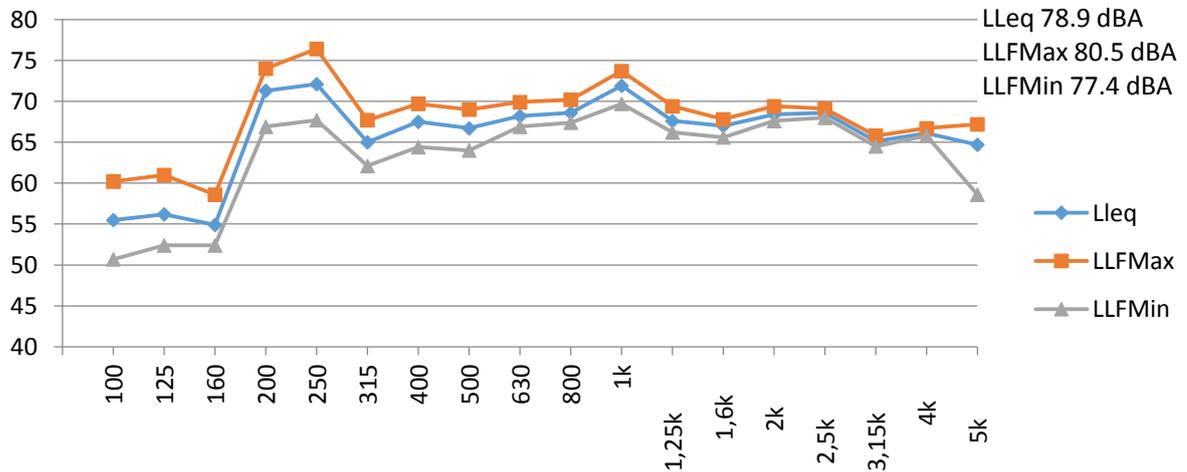
```

////////////////////
LLeq                80,7 dB
LLFMax              82,8 dB
LLFMin              79,0 dB
    
```

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMIn
////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////
100  55,5  60,2  50,7
125  56,2  61,0  52,4
160  54,9  58,6  52,4
200  71,3  74,0  66,9
250  72,1  76,4  67,7
315  65,0  67,7  62,1
400  67,5  69,7  64,4
500  66,7  69,0  64,0
630  68,2  69,9  66,9
800  68,6  70,2  67,4
1k   71,9  73,7  69,7
1,25k 67,6  69,4  66,2
1,6k  67,0  67,8  65,6
2k   68,4  69,4  67,6
2,5k 68,6  69,1  68,0
3,15k 65,1  65,8  64,5
4k   66,1  66,7  65,8
5k   64,7  67,2  58,6
    
```



Gráfica 21. Lijadora de banda 1.8 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La misma lijadora desde la misma posición fue medida también, pero en este caso se encontraba trabajando con material y por ello se puede observar un aumento en las casi todas las frecuencia. El nivel medio máximo alcanzado es de 80.5 dB indicando la no necesidad de la utilización de protecciones auditivas

1.9 Regruesadora SICAR FORTE 520



Figura 14 Regruesadora y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

REGRUESADORA.  
POSICIÓN 6 (fig. 5).  
SIN MATERIAL

RESULTADOS GLOBALES:

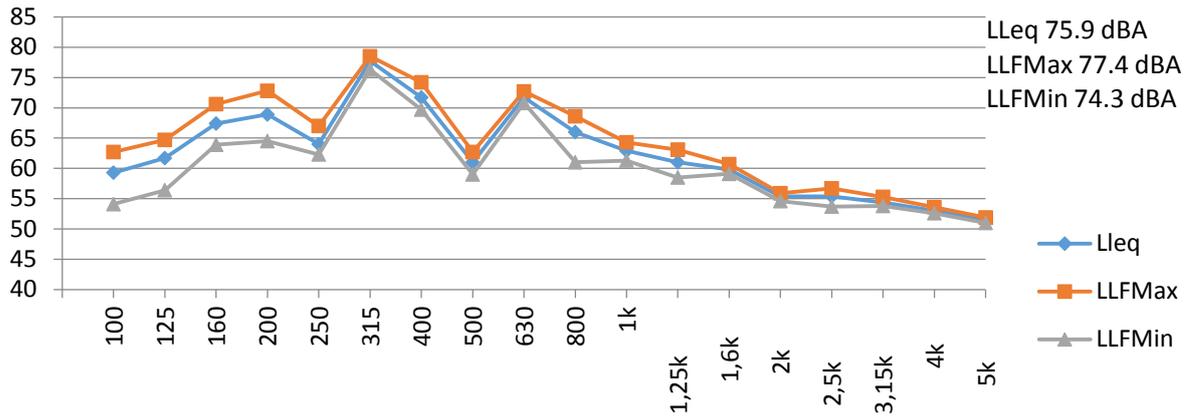
////////////////////  
 Fecha Ini,           2015 May 27  
 Hora Inicio           08:20:28  
 Tiempo                00:01:08  
 Saturación            0,0 %  
 Subgama               0,0 %  
 Barrido N§            2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

////////////////////  
 LLeq                   81,0 dB  
 LLFMax                88,2 dB  
 LLFMin                77,3 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////				
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin	
////////////////////////////////////				
Hz	OU	dB	dB	dB
////////////////////////////////////				
100	59,3	62,7	54,1	
125	61,7	64,7	56,4	
160	67,4	70,6	63,9	
200	68,9	72,8	64,5	
250	64,0	67,0	62,3	
315	77,7	78,5	76,3	
400	71,7	74,2	69,7	
500	61,0	62,7	59,0	
630	71,7	72,7	70,8	
800	66,0	68,6	61,0	
1k	62,9	64,3	61,3	
1,25k	61,0	63,1	58,5	
1,6k	59,8	60,7	59,1	
2k	55,4	55,9	54,6	
2,5k	55,4	56,7	53,7	
3,15k	54,4	55,3	53,8	
4k	53,0	53,6	52,6	
5k	51,5	51,9	51,0	



Gráfica 22. Regruesadora 1.9 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La regruesadora se midió encendida sin estar trabajando con ningún material, por ello en la grafica 22 observamos que no hay un ascenso uniforme en las frecuencias bajas, habiendo un pico mínimo en 250 Hz y otro pico mínimo en 500 Hz. El nivel medio máximo alcanzado es de 77.4 dBA indicando que no es necesaria la utilización de protecciones auditivas

REGRUESADORA.  
POSICIÓN 6 (fig. 5).  
CON MATERIAL

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LFMMax LFMin
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB

```

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,      2015 May 27
Hora Inicio     08:22:24
Tiempo          00:01:08
Saturación     0,0 %
Subgama         0,0 %
Barrido N§     2/2

```

```

////////////////////////////////////
100    61,6  65,4  56,2
125    62,5  68,3  54,9
160    65,8  69,4  59,6
200    67,5  72,8  64,0
250    74,7  80,3  61,6
315    74,0  75,8  72,7
400    68,3  70,7  65,1
500    68,8  70,5  65,8
630    71,3  73,2  64,6
800    70,2  73,8  64,4
1k     76,9  80,6  70,0
1,25k  68,2  70,0  65,3
1,6k   60,3  63,0  57,0
2k     61,0  63,3  56,7
2,5k   62,0  65,3  56,9
3,15k  61,5  64,5  57,0
4k     65,3  68,2  56,6
5k     54,0  56,4  49,4

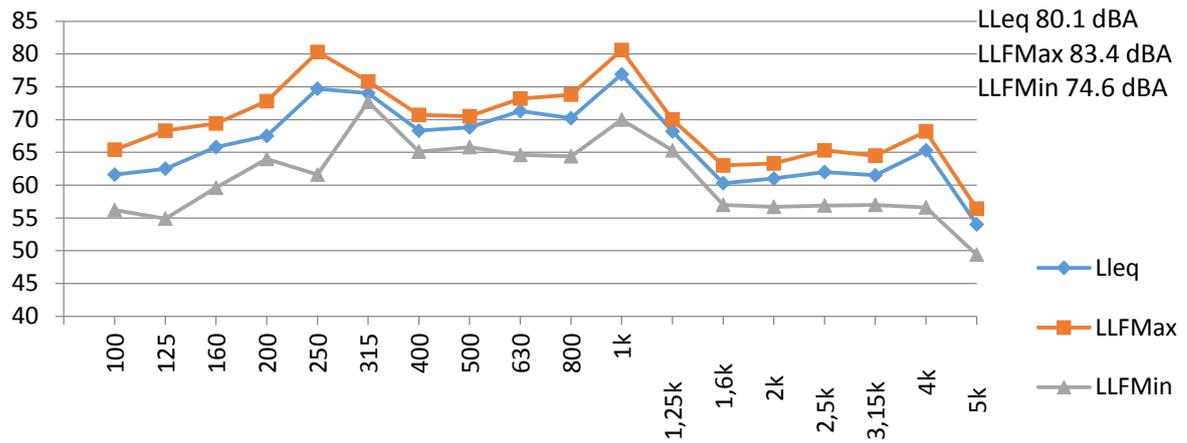
```

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

```

////////////////////////////////////
LLeq      84,5 dB
LLFMax    92,0 dB
LLFMin    76,4 dB

```



Gráfica 23. Regruesadora 1.9 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La misma regruesadora fue valorada mientras se encontraba trabajando con material, por gráfica obtenida podemos decir que al estar siendo utilizada el aumento de nivel en todas las frecuencias, sobre todo en las medias, es notable. . El nivel medio máximo alcanzado es de 83.4 dBA, por tanto, no es necesaria la utilización de protecciones auditivas.

### 1.10 Sierra de cinta SICAR TOP9

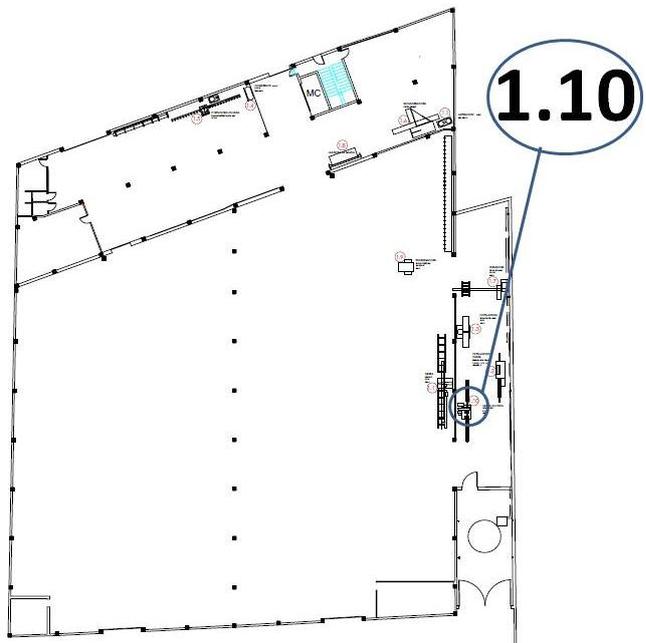


Figura 15 Sierra de cinta y localización en la nave. 2015. Fuente propia.

**Datos obtenidos:**

SIERRA DE CINTA.  
POSICIÓN 11 (fig. 5).  
SIN MATERIAL

**RESULTADOS GLOBALES:**

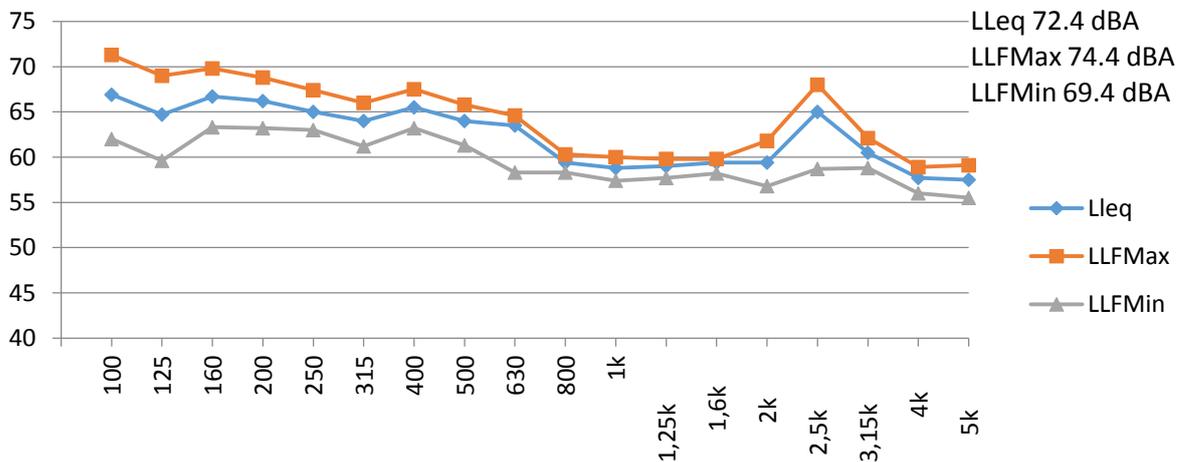
////////////////////////////////////  
 Fecha Ini,           2015 May 27  
 Hora Inicio         07:59:54  
 Tiempo             00:01:08  
 Saturación         0,0 %  
 Subgama            0,0 %  
 Barrido N§         2/2

**RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:**

////////////////////////////////////  
 LLeq                81,5 dB  
 LLFMax             91,1 dB  
 LLFMin             76,8 dB

**RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:**

////////////////////////////////////			
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////			
100	66,9	71,3	62,0
125	64,7	69,0	59,6
160	66,7	69,8	63,3
200	66,2	68,8	63,2
250	65,0	67,4	63,0
315	64,0	66,0	61,2
400	65,5	67,5	63,2
500	64,0	65,8	61,3
630	63,5	64,6	62,2
800	59,4	60,3	58,3
1k	58,8	60,0	57,4
1,25k	59,0	59,8	57,7
1,6k	59,4	59,8	58,2
2k	59,4	61,8	56,8
2,5k	65,0	68,0	58,7
3,15k	60,5	62,1	58,8
4k	57,7	58,9	56,0
5k	57,5	59,1	55,5



Gráfica 24. Sierra de cinta 1.10 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La sierra de cinta se midió desde una única posición, en este caso podemos ver la gráfica obtenida de los datos tomados de la maquina funcionando sin material donde predominan las bajas frecuencias siendo el nivel medio máximo alcanzado es de 74.4 dBA y por tanto no es necesaria la utilización de protecciones auditivas

SIERRA DE CINTA.  
POSICIÓN 11 (fig. 5).  
CON MATERIAL

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

RESULTADOS GLOBALES:

```

////////////////////////////////////
Fecha Ini,      2015 May 27
Hora Inicio    08:01:14
Tiempo        00:01:08
Saturación    0,0 %
Subgama       0,0 %
Barrido N5    2/2
  
```

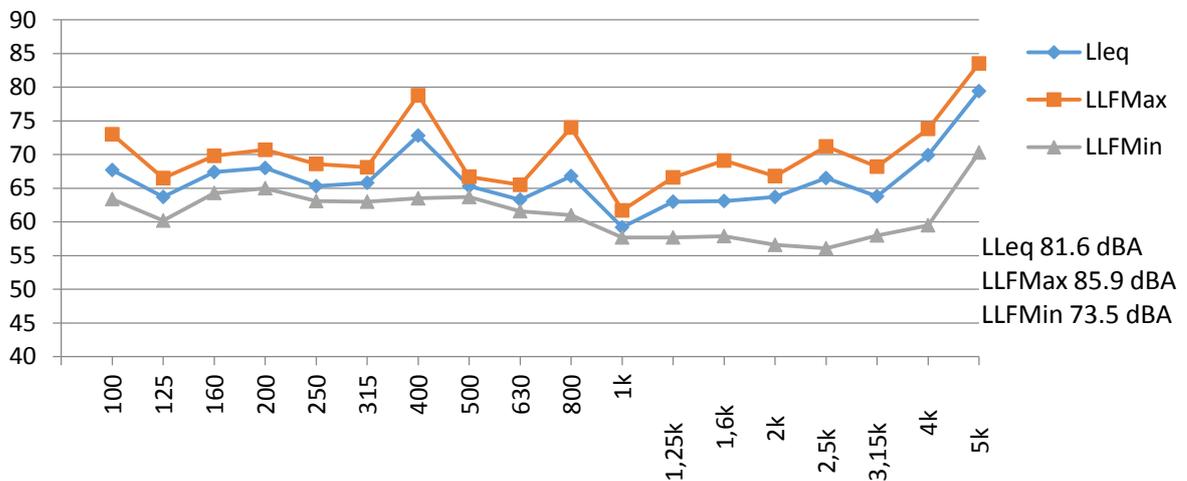
RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

```

////////////////////////////////////
LLeq          83,8 dB
LLFMax        92,7 dB
LLFMin        76,8 dB
  
```

```

////////////////////////////////////
Frec, Marcas  Leq LfMax LfMin
////////////////////////////////////
Hz  OU  dB  dB  dB
////////////////////////////////////
100  67,7  73,0  63,4
125  63,7  66,5  60,2
160  67,4  69,8  64,3
200  68,0  70,7  65,0
250  65,3  68,6  63,1
315  65,8  68,1  63,0
400  72,8  78,8  63,5
500  65,3  66,7  63,7
630  63,3  65,5  61,6
800  66,8  74,0  61,0
1k   59,2  61,7  57,7
1,25k 63,0  66,6  57,7
1,6k  63,1  69,1  57,9
2k   63,7  66,8  56,6
2,5k  66,5  71,2  56,1
3,15k 63,8  68,2  58,0
4k   69,9  73,8  59,5
5k   79,4  83,5  70,3
  
```



Gráfica 25. Sierra de cinta 1.10 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

En esta grafica podemos observar que la sierra de cinta tiene unos diferentes resultados cuando se encuentra trabajando con material ya que hay un incremento de nivel en todas las frecuencias pero es más notable en frecuencias altas.

1.11 Sierra DEWALT DW-721

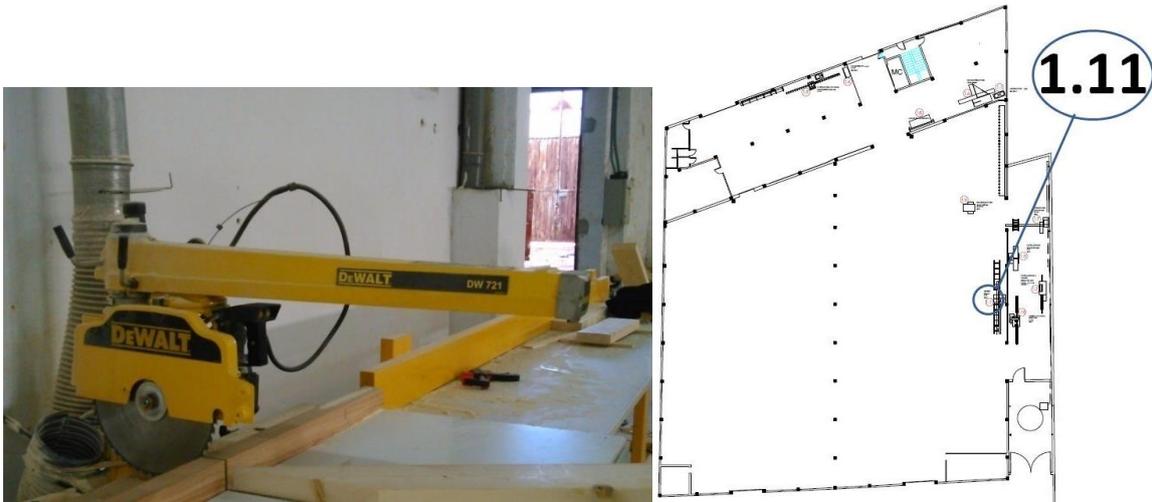


Figura 16 Sierra y localización en la nave. 2015. Fuente propia

**Datos obtenidos:**

SIERRA.

POSICIÓN 8 (fig. 5).

SIN MATERIAL.

NOMBRE\_FICHERO: 003,M23

RESULTADOS GLOBALES:

////////////////////////////////////  
 Fecha Ini, 2015 May 21  
 Hora Inicio 08:01:11  
 Tiempo 00:01:08  
 Saturación 0,0 %  
 Subgama 0,0 %  
 Barrido N° 2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

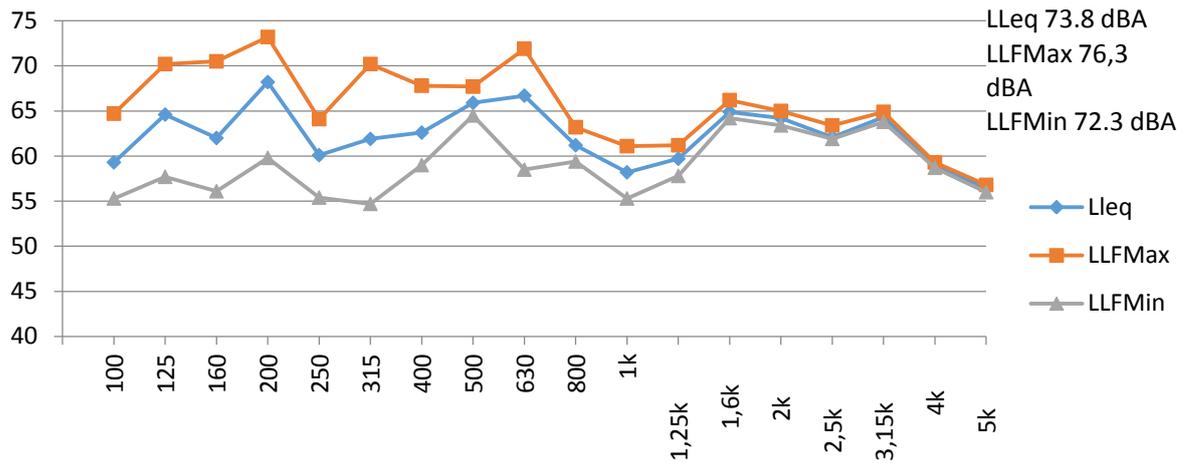
////////////////////////////////////  
 LLeq 78,2 dB  
 LLFMax 83,3 dB  
 LLFMin 75,3 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////

Frec,	Marcas	Leq	LFMax	LFMin
Hz	OU	dB	dB	dB
100		59,3	64,7	55,3
125		64,6	70,2	57,7
160		62,0	70,5	56,1
200		68,2	73,2	59,8
250		60,1	64,1	55,4
315		61,9	70,2	54,7
400		62,6	67,8	59,0
500		65,9	67,7	64,5
630		66,7	71,9	58,5
800		61,2	63,2	59,4
1k		58,2	61,1	55,3
1,25k		59,7	61,2	57,8
1,6k		64,9	66,2	64,2
2k		64,2	65,0	63,4
2,5k		62,1	63,4	61,9
3,15k		64,3	64,9	63,8
4k		59,0	59,3	58,7
5k		56,4	56,8	56,0

////////////////////////////////////



Gráfica 26. Sierra 1.11 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

La sierra se midió desde dos posiciones, esta gráfica corresponde a la primera posición con la maquina trabajando sin material y se puede observar el predominio de las frecuencias bajas. El nivel medio máximo alcanzado es de 76.3 dBA indicando que no es necesaria la utilización de protecciones auditivas

SIERRA.  
POSICIÓN 7 (fig. 5).  
CON MATERIAL

NOMBRE\_FICHERO: 035,M23

RESULTADOS GLOBALES:

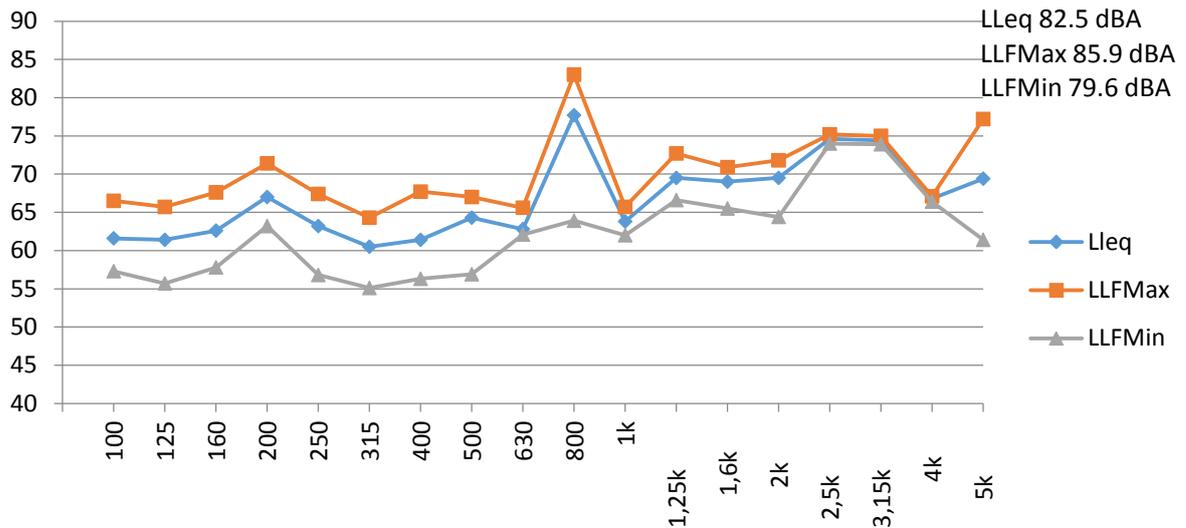
////////////////////  
 Fecha Inj, 2015 May 27  
 Hora Inicio 07:52:59  
 Tiempo 00:01:08  
 Saturación 0,0 %  
 Subgama 0,0 %  
 Barrido N5 2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

////////////////////  
 LLeq 82,2 dB  
 LLFMax 92,0 dB  
 LLFMin 73,8 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////			
Frec, Marcas	Leq	LFMax	LFMin
////////////////////////////////////			
Hz	OU	dB	dB
////////////////////////////////////			
100	61,6	66,5	57,3
125	61,4	65,7	55,7
160	62,6	67,6	57,8
200	67,0	71,4	63,2
250	63,2	67,4	56,8
315	60,5	64,3	55,1
400	61,4	67,7	56,3
500	64,3	67,0	56,9
630	62,8	65,6	62,1
800	77,7	83,0	63,9
1k	63,8	65,7	62,0
1,25k	69,5	72,7	66,6
1,6k	69,0	70,9	65,5
2k	69,5	71,8	64,4
2,5k	74,6	75,2	74,0
3,15k	74,4	75,0	73,9
4k	66,8	67,1	66,4
5k	69,4	77,2	61,4



Gráfica 27. Sierra 1.11 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Desde esta nueva posición, se obtuvo la grafica 27 para los datos de la maquina funcionando con material pudiéndose observar un pico en la frecuencia de 800 Hz. El nivel medio máximo alcanzado es de 85.9 dBA siendo necesaria la utilización de protecciones auditivas.

SIERRA.

POSICIÓN 7 (fig. 5).

SIN MATERIAL

NOMBRE\_FICHERO: 038,M23

RESULTADOS GLOBALES:

////////////////////////////////////

Fecha Ini, 2015 May 27

Hora Inicio 07:54:40

Tiempo 00:01:08

Saturación 0,0 %

Subgama 0,0 %

Barrido N5 2/2

RESULTADOS MEDIDAS BANDA ANCHA:

////////////////////////////////////

LLeq 82,6 dB

LLFMax 90,8 dB

LLFMin 78,0 dB

RESULTADOS MEDIDAS ESPECTRALES:

////////////////////////////////////

Frec, Marcas Leq LFMMax LFMIn

////////////////////////////////////

Hz OU dB dB dB

////////////////////////////////////

100 73,0 81,4 59,2

125 63,1 72,5 56,4

160 61,6 66,0 57,7

200 61,3 64,3 58,9

250 60,9 65,8 54,8

315 60,5 64,1 53,6

400 66,7 70,1 57,6

500 70,0 77,4 66,5

630 65,1 68,8 61,1

800 62,4 65,0 58,6

1k 58,8 60,7 56,7

1,25k 59,0 60,5 56,6

1,6k 65,7 66,7 64,6

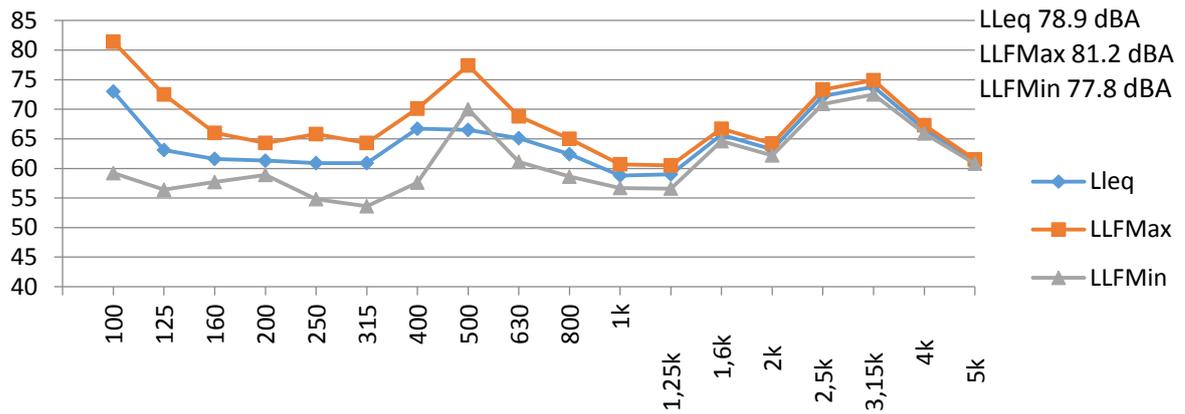
2k 63,2 64,2 62,2

2,5k 72,2 73,3 70,9

3,15k 73,8 74,9 72,5

4k 66,6 67,3 65,9

5k 61,2 61,5 60,8



Gráfica 28. Sierra 1.11 niveles sonoros en 1/3 de octava. Fuente propia

Estos datos se obtuvieron desde la misma posición que la grafica anterior, pero en este caso la maquina no se encontraba trabajando con ningún material, aunque si se encontraba en funcionamiento y si se compara con la gráfica anterior se puede ver que las frecuencias más bajas son más elevadas no siendo así en las frecuencias medias y altas. El nivel medio máximo alcanzado es de 81.2 dBA indicando que no es necesaria la utilización de protecciones auditivas.

## 2 Medición de la reverberación

La RAE define la reverberación como: "Reforzamiento y persistencia de un sonido en un espacio más o menos cerrado."

**Reverberación** es el fenómeno acústico de reflexión que se produce en un recinto cuando un frente de onda o campo directo incide contra las paredes, suelo y techo del mismo.

Para la medición de la reverberación se ha utilizado un conjunto de instrumentos, el micrófono condensador de la incidencia aleatoria, el preamplificador y la fuente sonora. El micrófono utilizado es el modelo 4189 H-41 que al igual que el sonómetro es de la casa Brüel & Kjaer. el preamplificador que debe de estar unido al ordenador para realizar las mediciones es de tipo 1706, de esta forma obtenemos una mayor precisión y estabilidad a largo plazo de las mediciones realizadas, además tiene una sensibilidad de 50mV y puede llegar a realizar mediciones en un rango de 15 a 128 dB. La fuente sonora o fuente de ruido que se ha empleado es el modelo "Sound Source Type 4224" de la misma casa, las mediciones se realizaron con el software Dirac, esta fuente de ruido o altavoz es capaz de producir altos niveles de ruido, por lo que es utilizada para mediciones realizadas in situ como es el caso de este proyecto.

Por otro lado para poder obtener los tiempos de reverberación es necesario tener el ordenador con el software "Dirac 3.0" (programa también de la casa Brüel & Kjaer) instalado, en el cual se conectara a la salida de audio la fuente sonora y a la entrada de micrófono el preamplificador que se encuentra a su vez conectado al micrófono. Aunque pueden utilizarse diversas formas de emisión en el presente proyecto se ha utilizado la emisión en barrido senoidal.



Figura 17 Altavoz y micrófono utilizados para realizar las mediciones de reverberación en la nave Fuente propia.

Debido al tamaño de la nave se decidió dividirla en zonas y proceder a hacer las mediciones poniendo el altavoz en 3 puntos por cada zona y midiendo la reverberación desde 2 puntos alrededor del altavoz, no siendo posible realizar las mediciones fuera del horario laboral, haciendo la media de todas las mediciones para sacar la reverberación media de la zona.

Posteriormente se calculó la absorción total de la zona sumando las absorciones de paredes, suelo y techos y teniendo en cuenta sus materiales de revestimiento con la fórmula  $\alpha = \frac{A}{S}$  siendo  $\alpha$  los índices de absorción de los materiales de revestimiento, A la absorción de la superficie y S la superficie de la pared, techo o suelo. Una vez obtenida la absorción se procedió a realizar las propuestas de mejora acústica.

Las zonas de la nave y sus reverberaciones son las siguientes.

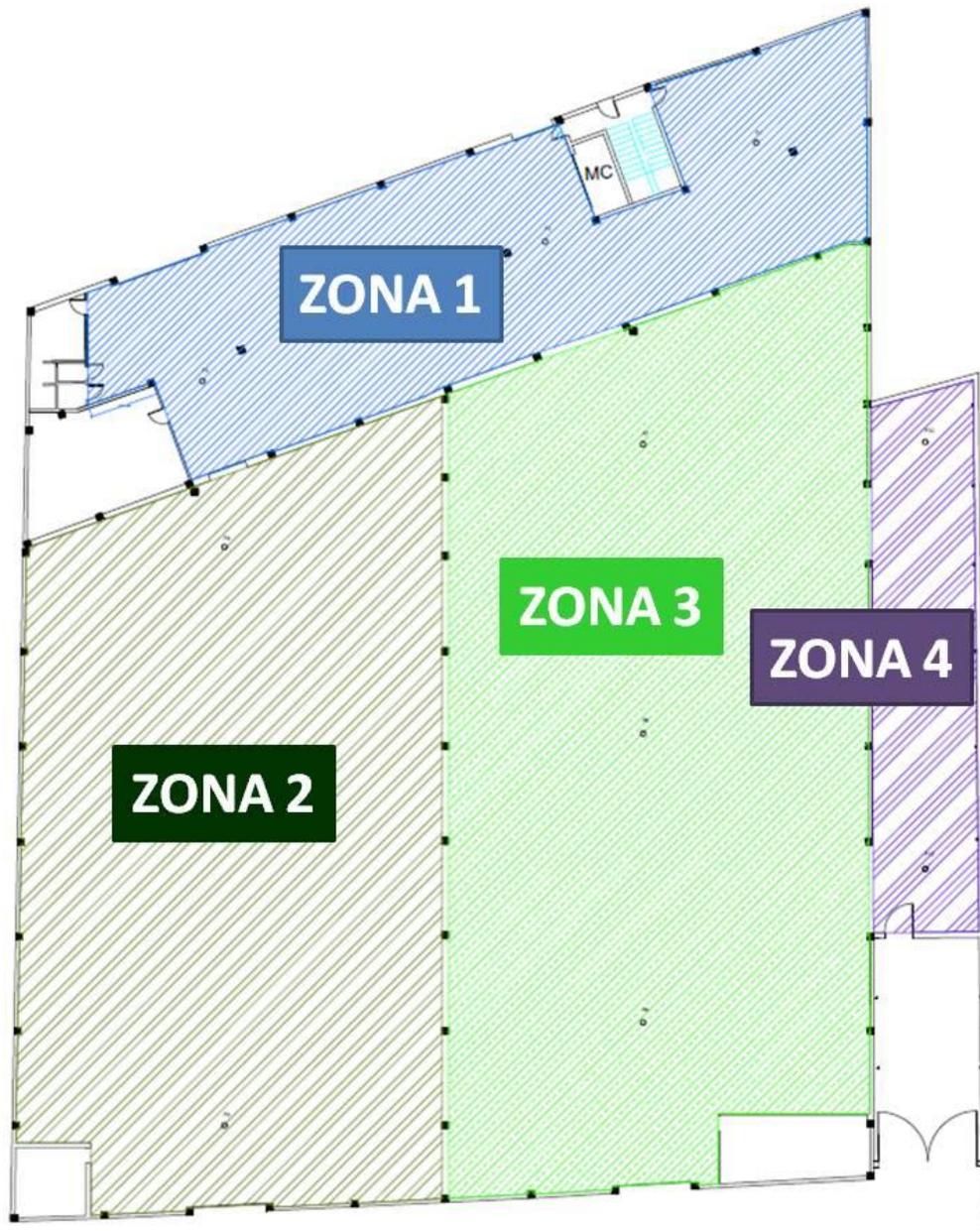
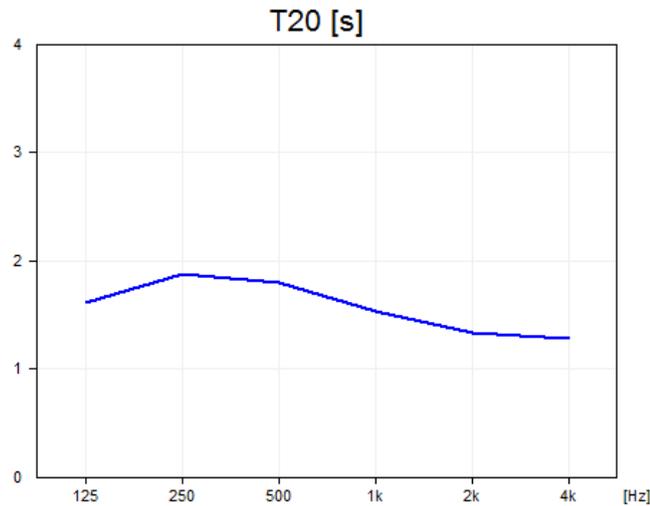


Figura 18 . Zonificación de la nave. Fuente propia

## 2.1 Zona 1

Esta zona cuenta con aproximadamente 448.14 m<sup>2</sup> de superficie y 4 metros de altura. Teniendo en cuenta los materiales con los que están revestidas las paredes, los techos y el suelo podemos calcular la absorción aproximada de la zona sin la absorción de las máquinas, de las personas y del material acopiado. En esta zona el sumatorio las absorciones de paredes, techos y suelo es de 152.84 Sabine.

La gráfica de la reverberación obtenida es:



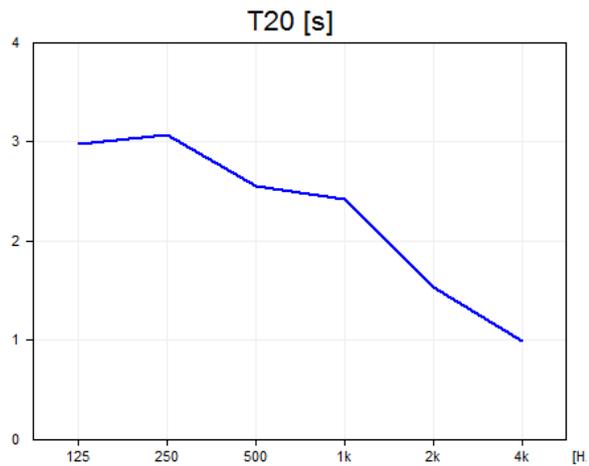
Gráfica 29 Reverberacion zona 1. Fuente propia

Debido a que las mediciones se realizaron durante el horario laboral, se puede observar en la frecuencia 250 Hz un pico, este podría ser producido por alguna máquina de otro punto de la nave. Por lo otro lado la curva muestra un descenso progresivo del tiempo que tarda el sonido en reflejarse en las superficies según la frecuencia, estando el máximo en 1.9 s en la frecuencia 250 Hz y el mínimo en 1.4 s en la frecuencia 4000 Hz.

## 2.2 Zona 2

Esta zona cuenta con aproximadamente 879.89 m<sup>2</sup> de superficie y 6 metros de altura. Teniendo en cuenta los materiales con los que están revestidas las paredes, los techos y el suelo podemos calcular la absorción aproximada de la zona sin la absorción de las máquinas, de las personas y del material acopiado.

La gráfica de la reverberación obtenida es:



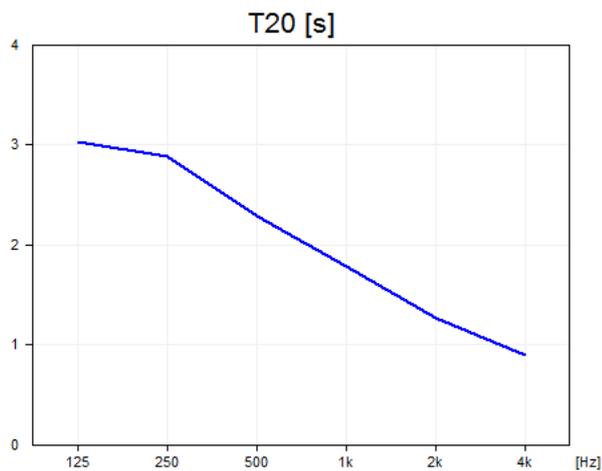
Gráfica 30 Reverberacion zona 2 Fuente propia

Esta curva muestra el progresivo descenso del tiempo de reverberación siendo la frecuencia 4000 Hz la de menor tiempo (1 s) y la de 250 la de mayor (3 s). Los picos que se observan en las frecuencias 250 Hz y 1000 Hz son debidos a la realización de los trabajos de la empresa en otro punto de la nave.

### 2.3 Zona 3

Esta zona cuenta con aproximadamente 1026.76 m<sup>2</sup> de superficie y 6 metros de altura. Teniendo en cuenta los materiales con los que están revestidos podemos calcular la absorción aproximada de la zona sin la absorción de las máquinas, de las personas y del material acopiado.

La gráfica de la reverberación obtenida es:



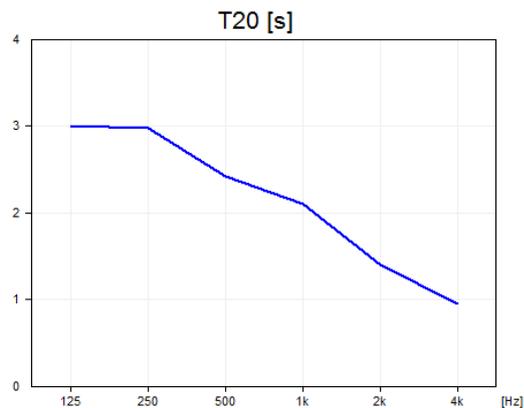
Gráfica 31 Reverberacion zona3. Fuente propia

La gráfica muestra el progresivo descenso del tiempo de reverberación siendo la frecuencia 4000 Hz la de menor tiempo (0.9 s) y la de 125 la de mayor(3 s). Se observa un pequeño pico en la frecuencia de 250 Hz debido a los operarios realizando sus labores.

## 2.4 Zona 2 y Zona 3

Debido a que no existe separación física entre ambas zonas, se decidió a la hora de tomar la reverberación y para hacer la posterior propuesta de acondicionamiento acústico, hacer una media de ambas zonas, obteniendo unos 1906.66 m<sup>2</sup> de superficie entre las dos zonas y una absorción de 617.76 Sabine.

La gráfica de la reverberación obtenida es:



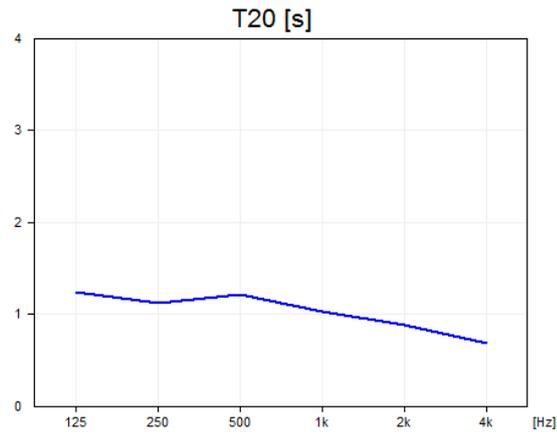
Gráfica 32 Reverberacion zona 2 y 3. Fuente propia

Debido a los trabajos de los operarios realizados simultáneamente con las mediciones se puede observar un pico en la frecuencia 250 Hz y otro menor en la frecuencia 1000 Hz, sin embargo ello no evita que se observe un claro descenso del tiempo de reverberación según el tipo de frecuencia siendo el tiempo mayor de 3 s para la frecuencia 125 Hz y 1 s para la frecuencia 4000Hz..

## 2.5 Zona 4

Esta zona cuenta con aproximadamente 161.86 m<sup>2</sup> de superficie y 4 metros de altura. Teniendo en cuenta los materiales con los que están revestidas las paredes, los techos y el suelo podemos calcular la absorción aproximada de la zona sin la absorción de las máquinas, de las personas y del material acopiado. En esta zona el sumatorio las absorciones de paredes, techos y suelo es de 83.91 Sabine.

La gráfica de la reverberación obtenida es:



*Gráfica 33 Reverberacion zona 4. Fuente propia*

La gráfica muestra el descenso del tiempo según la frecuencia y un pico en la frecuencia 500 Hz debido al trabajo realizado por los operarios en otro punto de la nave.

Los segundos de esta gráfica son menores que las anteriores debido a lo estrecho de la zona, de ahí la diferencia siendo el mayor tiempo de 1.2 s en la frecuencia 125 Hz y 0.7 s en la frecuencia 4000 Hz.

### 3 Posibles intervenciones

#### 3.1 Primera intervención

La primera propuesta de intervención, más económica pues no sería necesaria la intervención de operarios especializados siendo los operarios de la empresa (si así lo quisieran) quienes podrían realizar la instalación, consistiría en la colocación perimetral de rastreles de madera a partir de 2 m de altura hasta los 3.8 m de altura y grapados en ellos placas de lana de roca vista, teniendo un índice de absorción del 100% del material, consiguiendo un aumento de la absorción acústica de 195.82 Sabine en la zona 1 gracias a los 217.58 m<sup>2</sup> de lana de roca.

En la zona de la nave se colocarían los rastreles desde los 2.5 m de altura hasta los 5.5 m, debido a su mayor altura lo que serían 540.36 m<sup>2</sup> de lana de roca consiguiendo un aumento de la absorción acústica de 486.32 Sabine.

En la zona 4 la cantidad a colocar de lana de roca sería de 111.04 m<sup>2</sup> a 2 m de altura hasta los 3.8 m, obteniendo una absorción de 99.94 Sabine.

El panel a colocar sería un ROCKCALM-E 211 de la marca ROCKWOOL. (ROCKWOOL, 2015)

#### ROCKCALM -E- 211

**Descripción:** Panel semi-rígido de lana de roca no revestido.

**Aplicación:** Aislamiento térmico y acústico de cubiertas inclinadas por el interior, cerramientos separativos o distributivos, trasdosados y particiones interiores horizontales sobre falso techo.

**Ventajas:** Gran aislamiento térmico. Buen aislamiento acústico. Garantiza aplicación en cámaras.

- Densidad nominal **40 kg/m<sup>3</sup>**
- Euroclase **A1**



Dimensiones L x l x e (cm)	Código	Resist. Térmica R=m <sup>2</sup> K/W	Paneles/ Paquete	m <sup>2</sup> / Paquete	Paquetes/ Palet	m <sup>2</sup> / Palet	m <sup>2</sup> / Camión (22 palets)	Calidad Servicio	Euros/m <sup>2</sup>
135 x 40 x 4	58574	1,10	12	6,48	18	116,64	2.566,08	A	4,26
135 x 40 x 5	58575	1,40	10	5,40	18	97,20	2.138,40	B (*)	5,25
135 x 40 x 6	58609	1,70	8	4,32	18	77,76	1.710,72	A	7,11
135 x 60 x 3	58544	0,85	15	12,15	12	145,80	3.207,60	B (*)	3,45
135 x 60 x 4	58545	1,10	12	9,72	12	116,64	2.566,08	A	4,18
135 x 60 x 5	58546	1,40	10	8,10	12	97,20	2.138,40	A	5,15
135 x 60 x 6	58547	1,70	8	6,48	12	77,76	1.710,72	A	6,97

Figura 19 Lana de roca ROCKCALM-E-211.2015. Fuente: catálogo ROCKWOOL 2015

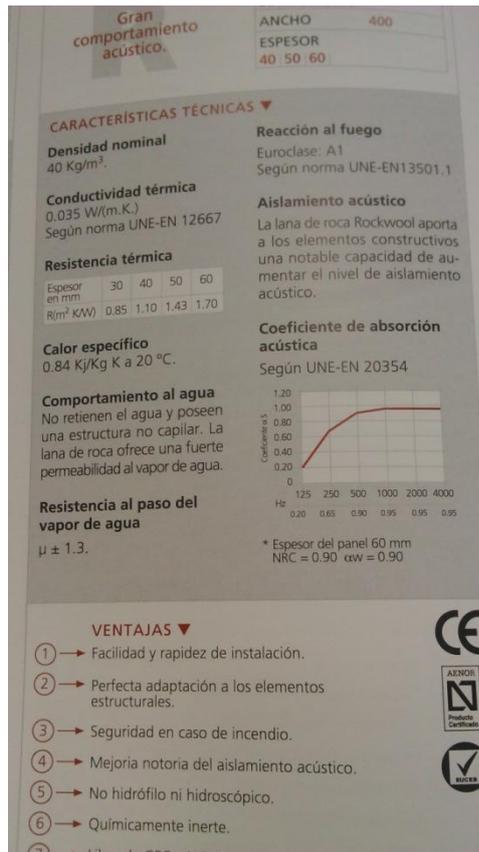


Figura 20 Características técnicas ROCKCALM-E211.2015. Fuente: catálogo ROCKWOOL 2015

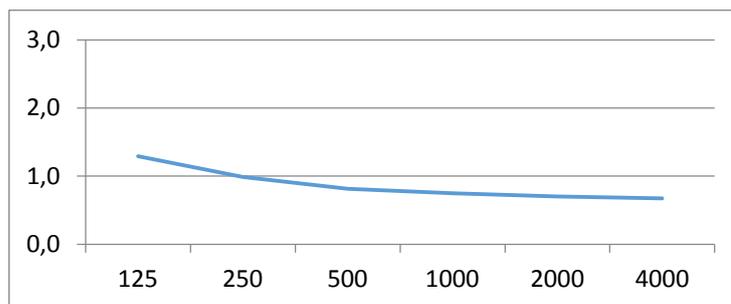
Por tanto el presupuesto de esta propuesta sería tan solo el precio de los paneles de lana de roca.

Los m<sup>2</sup> necesarios son 868.98. Al ir 77.76 m<sup>2</sup> por palet, serán necesarios 12 palets que equivalen a 933.12 m<sup>2</sup>

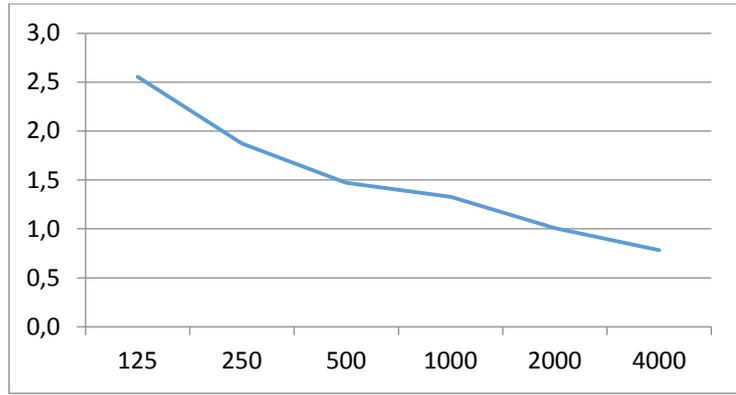
Precio total: 933.12\*6.97=6503.85€

1recio final con IVA: 6503.85\*1.21=7869.65€

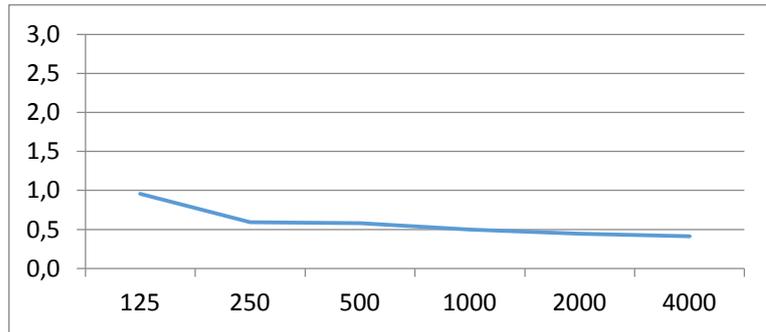
El nuevo tiempo de reverberación sería  $Tr \frac{0.162V}{A1+A2}$ , siendo Tr el tiempo de reverberación, V el volumen de la zona, A1 la absorción antigua y A2 la absorción añadida., por tanto en la zona 1 el nuevo tiempo de reverberación sería según su frecuencia:



Gráfica 34 Tiempo de reverberación zona 1. 2015. Fuente propia



Gráfica 35 Tiempo de reverberación zona 2 y3. 2015. Fuente propia.



Gráfica 36 Tiempo de reverberación zona 4. 2015. Fuente propia

El nivel disminuido sería  $\Delta L = 10 \log \frac{A_2+A1}{A_1}$ , quedando los máximos en cada zona cercana a la máquina de la siguiente manera (en rojo las zonas más peligrosas):

De esta forma los puntos mencionados en la figura 5, quedarían con estas medidas.

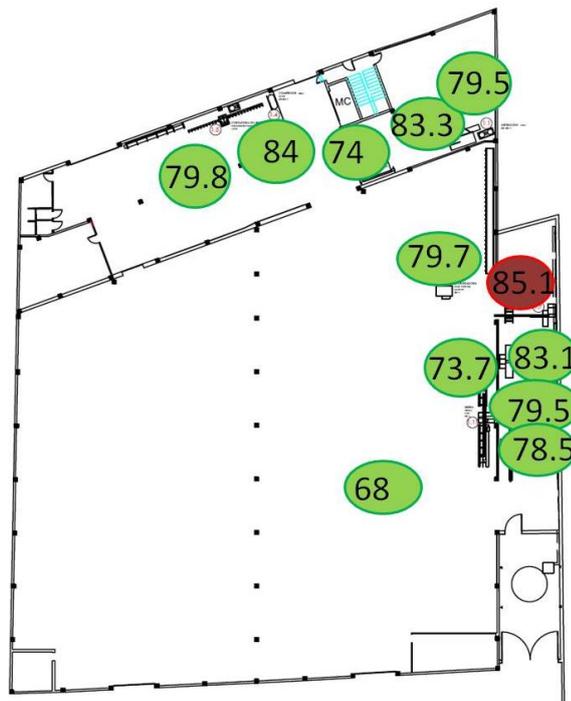


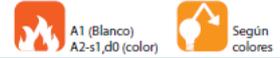
Figura 21 Nuevas mediciones tras la intervención 1

### 3.2 Segunda intervención

La segunda propuesta, más cara, sería colgar del techo unos paneles acústicos, colgados por los operarios de la empresa suministradora o colocados por los operarios de la empresa objeto del proyecto.

Estos paneles serian concretamente ROCKBAFFLE DECO de la marca ROCKFON. (ROCKFON, 2015)

## Rockbaffle Déco



La acústica vertical

- Panel acústico vertical
- Con revestimiento blanco, acabado liso
- Cuadro de 4 lados lacado en blanco o prelacado Epoxy (previa solicitud)

Canto	Cuadro	Color del cuadro	Dimensiones modulares (mm)	Cantidad mínima	Unidad de venta	Baffles / Caja	Cajas/ Palet	Calidad de Servicio	Euros (unidad)
<b>TALADRO ROSCADO</b> 	4 Lados 4 Lados	Cantos Prelacados en Blanco Cantos Prelacados en Blanco	1200 x 300 x 40 1200 x 600 x 40	Caja	Caja •	20 10	6 6	D	49,24
				Caja	Caja •			D	71,87
<b>TALADRO SIN ROSCA</b> 	4 Lados 4 Lados	Cantos Prelacados en Blanco Cantos Prelacados en Blanco	1200 x 300 x 40 1200 x 600 x 40	Caja	Caja •	20 10	6 6	D	47,93
				Caja	Caja •			D	70,56

Figura 22 Panel acústico ROCKBAFFLE DÉCO..2015. Fuente: catálogo ROCKFON 2015

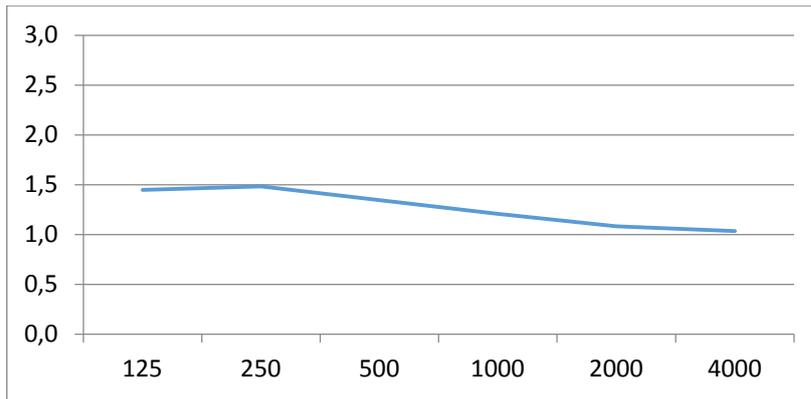
Cada panel tiene las siguientes dimensiones: 1200x300x40 mm .del tipo taladro sin rosca Se colocan por filas separadas entre si 83 cm entre filas y piezas, permitiendo el paso del aire..

En la zona 1 podrían llegar a colocarse 247 paneles pero colocaremos 83.En la zona de la nave industrial se podrían colocar 1110 paneles pero colocaremos 550 y en la zona 4 se podrían colocar 89 paneles pero pondremos 30.

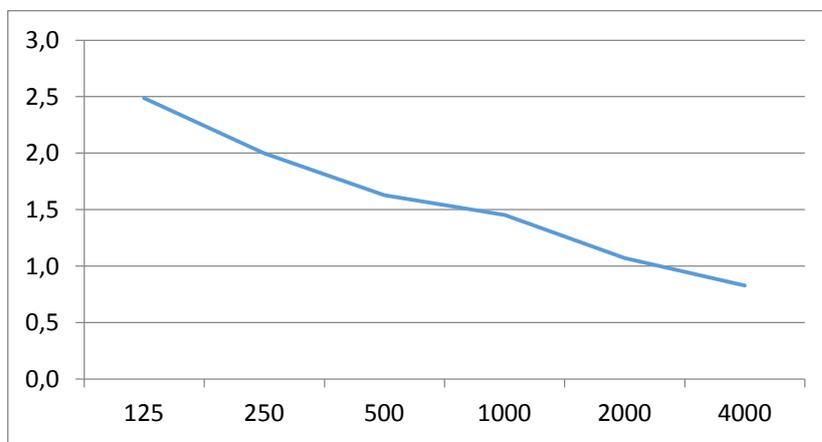
El total de las unidades son 1223 al ir 60 baffles por palet serian necesarios 25 palets que són 1260 unidades, ascendiendo a un total de  $1260 \times 47.93 = 60391.18$

El total con IVA ascendería a 73074.08€

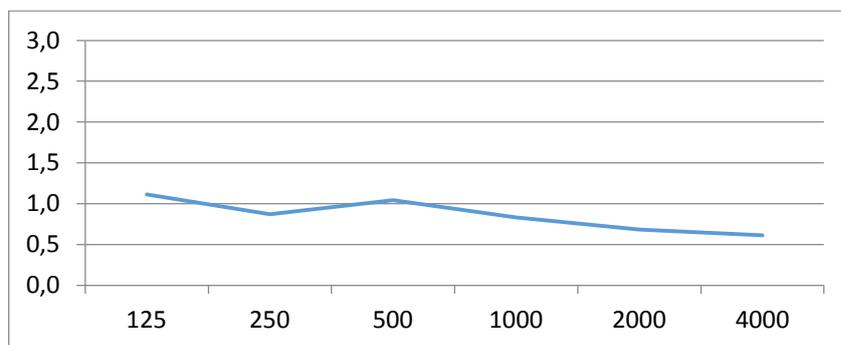
Los nuevos tiempos de reverberación serian:



Gráfica 37 Tiempo de reverberación zona 1. 2015. Fuente propia



Gráfica 38 Tiempo de reverberación zona 2 y 3 2015. Fuente propia



Gráfica 39 Tiempo de reverberación zona 4. 2015. Fuente propia

De esta forma los puntos mencionados en la figura 5, quedarían con estas medidas.

(en rojo la zona acústicamente peligrosa):

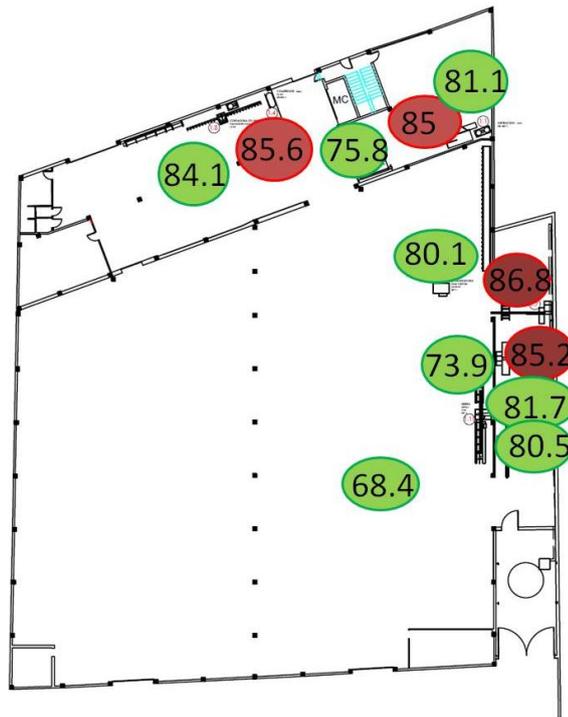


Figura 23 Nuevas mediciones tras la intervención

Con las anteriores intervenciones se consigue disminuir el sonido reverberado, no así el directo, por tanto, en la inmediata vecindad de las máquinas más ruidosas seguirá siendo necesario el uso de protecciones auditivas

Se ha descartado la creación de cabinas insonorizadas alrededor de la maquinaria puesto que por dentro de la nave se desplaza el material en carretilla elevadora con el posible riesgo de choque y también entran vehículos para cargar el material y desplazarlo a las obras con lo que se ha priorizado la prevención de esos accidentes





## Capítulo 2.

### Conclusiones

A lo largo de este proyecto he tenido la oportunidad de poner en práctica diversos conocimientos obtenidos durante los años de estudio en la ETSIE, la toma de datos y el levantamiento de planos se pudieron realizar gracias a lo aprendido en las asignaturas Dibujo 1 y Dibujo 2, el entendimiento de los sistemas constructivos empleados en la nave industrial y su edificio gracias a Construcción 2, Construcción 3, Construcción 4 y Construcción 5, así como los materiales empleados en su construcción y en las propuestas de intervención Materiales 1, Materiales 2 y Materiales 3, la prevención de los problemas derivados de la exposición continua al ruido y la posibilidad de realizar un presupuesto gracias a Prevención 1, Prevención 2 y Mediciones y Presupuestos, todas ellas asignaturas impartidas en el Grado de Arquitectura Técnica.

El proyecto realizado puede ser utilizado por la empresa en la que está basado para la mejora de la seguridad y salud de sus trabajadores y para los propios intereses de la empresa, pues los trabajadores no causaran baja debido a los problemas, derivados del ruido, vistos con anterioridad.

Cabe decir, que la potencialidad del acondicionamiento acústico es que con poco capital se puede reducir el nivel sonoro existiendo muchas soluciones posibles y que su limitación es la rentabilidad, pues llega un momento que hay que invertir mucho dinero para reducir muy poco el nivel sonoro ambiental.

A modo de conclusión del proyecto, comentar, que de las dos propuestas realizadas la mejor en relación calidad-precio sería la primera pues con una menor inversión el resultado es mejor, no así la estética que en caso de los buffles. No obstante, la segunda propuesta se puede mejorar el acondicionamiento acústico si se coloca el máximo número de paneles por cada zona(247 en la zona 1, 1110 en la zona 2+3 y 89 en la zona 4) quedando así un único punto superior a 84.9 dBA (sito en la zona 4) pero el precio final de la propuesta sería de 86992.95€ e incluso se podría realizar una mezcla de ambas propuestas.



## Capítulo 3.

### Referencias Bibliográficas

Escuchar sin riesgos. Departamento de Enfermedades No Transmisibles, Discapacidad y Prevención de la Violencia y los Traumatismos (NVI). Organización Mundial de la Salud.

<http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS>

Sung Chan Lee, Joo Young Hong, Jin Yong Jeon, Effects of acoustic characteristics of combined construction noise on annoyance, *Building and Environment* 92 (2015) 657e667.

Ta-Yuan Chang, Chiu-ShongLiu, Hsiu-HuiHsieh, Bo-YingBao, Jim-ShoungLai, Effects of environmental noise exposure on 24-h ambulatory vascular properties in adults, *Environmental Research* 118 (2012) 112–117

Ta-Yuan Chang, Chiu-Shong Liu, Li-Hao Young, Ven-Shing Wang, Shen-En Jian, Bo-Ying Bao, Noise frequency components and the prevalence of hypertension in workers, *Science of the Total Environment* 416 (2012) 89–96

Salami Olasunkanmi Ismaila, Adebayo Odusote, Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry, *beni suefuniversity journal of basic and applied sciences* 3 (2014) 116-121

Catálogo ROCKWOOL 2015

Catálogo ROCKFON 2015

## Capítulo 4.

### Índice de Figuras

FIGURA 1 FOTOGRAFÍAS DE LA NAVE INDUSTRIAL OBJETO DEL PROYECTO. 2015. FUENTE PROPIA	3
FIGURA 2 SONÓMETRO. 2015. FUENTE PROPIA	4
FIGURA 3 MICRÓFONO. 2015. FUENTE PROPIA	4
FIGURA 4 TOLERANCIAS DEL MICRÓFONO. 2015. FUENTE PROPIA	4
FIGURA 5 ESQUEMA DE LOS PUNTOS DONDE SE HAN REALIZADO LA TOMA DE DATOS 2015. FUENTE PROPIA	5
FIGURA 6 ASPIRADOR KUFO Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	6
FIGURA 7 . CEPILLADORA A 4 CARAS KEMBILL Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	7
FIGURA 8 SICAR RAPID 400 E Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE . 2015. FUENTE PROPIA	10
FIGURA 9 COMPRESOR Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	15
FIGURA 10 CORTADORA DE LÍNEA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	17
FIGURA 11 ESCUADRADORA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	20
FIGURA 12 FRESADORA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	26
FIGURA 13 LIJADORA DE BANDA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	28
FIGURA 14 REGRUESADORA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	31
FIGURA 15 SIERRA DE CINTA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA.	33
FIGURA 16 SIERRA Y LOCALIZACIÓN EN LA NAVE. 2015. FUENTE PROPIA	36
FIGURA 17 ALTAVOS Y MICRÓFONO UTILIZADOS PARA REALIZAR LAS MEDICIONES DE REVERBERACIÓN EN LA NAVE FUENTE PROPIA.	40
FIGURA 18 . ZONIFICACIÓN DE LA NAVE. FUENTE PROPIA	41
FIGURA 19 LANA DE ROCA ROCKCALM-E-211. 2015. FUENTE: CATÁLOGO ROCKWOOL 2015	46
FIGURA 20 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ROCKCALM-E211. 2015. FUENTE: CATÁLOGO ROCKWOOL 2015	47
FIGURA 21 NUEVAS MEDICIONES TRAS LA INTERVENCIÓN 1	48
FIGURA 22 PANEL ACÚSTICO ROCKBAFFLE DÉCO.. 2015. FUENTE: CATÁLOGO ROCKFON 2015	49
FIGURA 23 NUEVAS MEDICIONES TRAS LA INTERVENCIÓN	51

### Índice de Gráficas

GRÁFICA 1 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	7
GRÁFICA 2 .NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	8
GRÁFICA 3. NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	9
GRÁFICA 4 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	11
GRÁFICA 5 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	12
GRÁFICA 6 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	13
GRÁFICA 7 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	14
GRÁFICA 8 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	15
GRÁFICA 9 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	16
GRÁFICA 10 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	18
GRÁFICA 11 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	19
GRÁFICA 12 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	20
GRÁFICA 13 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	21
GRÁFICA 14 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	22
GRÁFICA 15 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	23
GRÁFICA 16 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	24
GRÁFICA 17 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	25

GRÁFICA 18 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	27
GRÁFICA 19 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	28
GRÁFICA 20 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	29
GRÁFICA 21 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	30
GRÁFICA 22 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	32
GRÁFICA 23 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	33
GRÁFICA 24 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	34
GRÁFICA 25 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	35
GRÁFICA 26 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	37
GRÁFICA 27 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	38
GRÁFICA 28 NIVELES SONOROS EN1/3 DE OCTAVA. FUENTE PROPIA	39
GRÁFICA 29 REVERBERACION ZONA 1. FUENTE PROPIA	42
GRÁFICA 30 REVERBERACION ZONA 2 FUENTE PROPIA	43
GRÁFICA 31 REVERBERACION ZONA3. FUENTE PROPIA	43
GRÁFICA 32 REVERBERACION ZONA 2 Y 3. FUENTE PROPIA	44
GRÁFICA 33 REVERBERACION ZONA 4. FUENTE PROPIA	45
GRÁFICA 34 TIEMPO DE REVERBERACIÓN ZONA 1. 2015. FUENTE PROPIA	47
GRÁFICA 35 TIEMPO DE REVERBERACIÓN ZONA 2 Y3. 2015. FUENTE PROPIA.	48
GRÁFICA 36 TIEMPO DE REVERBERACIÓN ZONA 4. 2015. FUENTE PROPIA	48
GRÁFICA 37 TIEMPO DE REVERBERACIÓN ZONA 1. 2015. FUENTE PROPIA	50
GRÁFICA 38 TIEMPO DE REVERBERACIÓN ZONA 2 Y 3 2015. FUENTE PROPIA	50
GRÁFICA 39 TIEMPO DE REVERBERACIÓN ZONA 4. 2015. FUENTE PROPIA	50