



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**Introducción de la gamificación a la asignatura  
Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria**

**Autora:**

**Calvo Olmos, Inés**

**Tutora:**

**Del Val Puente, Lara  
Ciencia de los Materiales e  
Ingeniería Metalúrgica**

**Valladolid, Julio y 2020.**





## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría transmitir mis sinceros agradecimientos a mi profesora, Lara Del Val Puente, por haber tutorizado y enfocado el presente Trabajo de Fin de Grado con gran dedicación y profesionalidad. En todo momento me he sentido acompañada, lo que me ha facilitado la continuidad necesaria para llegar a concluir el trabajo que presento. Su participación guiándome y aportando interesantes enfoques sobre la materia y formato del proyecto, me han sido de gran ayuda.

No puedo olvidar tampoco el acompañamiento que durante estos cuatro años y finalmente durante la ejecución de este trabajo, me han ofrecido tanto mi familia, como mis compañeros y amigos. Ellos han sabido animarme en momentos difíciles y me han ayudado a superar los obstáculos a nivel psicológico que un proyecto de tal envergadura lleva consigo. Agradecimientos especiales a mis padres José Antonio y Ana por estar en todo momento a mi lado, ayudándome y aportando todo lo que han podido para facilitar que yo consiga los objetivos que me voy proponiendo.

Por último, quiero agradecer a mis compañeros de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria su participación en la evaluación y valoración final de la actividad didáctica presentada en este Trabajo de Fin de Grado.





## RESUMEN

En línea con las tendencias pedagógicas de enseñanza actuales, las entidades educativas emplean cada vez más métodos o actividades en las que se sitúa al alumno en el centro del proceso de enseñanza. Una de estas nuevas herramientas constituye el elemento central del presente trabajo. Se trata de la gamificación, que se ha convertido en un instrumento cada vez más recurrente en el ámbito educativo a todos los niveles, desde infantil a la Enseñanza Superior Universitaria.

El objetivo de este trabajo es la aplicación, la valoración y la creación de un Escape Room adaptado a la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria. Con la utilización de esta nueva metodología didáctica como estrategia alternativa a la educación tradicional, se pretende que a través de la resolución de distintos retos se puedan asentar los conocimientos de esta asignatura, consiguiendo, además, un mayor atractivo y una mejor motivación para los alumnos.

Finalmente se efectuará con una autoevaluación que valore las mejoras pedagógicas que se pueden conseguir utilizando este tipo de técnicas pedagógicas.

### PALABRAS CLAVE

Gamificación, Escape Room, Motivación, Enseñanza Superior Universitaria, Gestión del Ruido.

## ABSTRACT

In line with current pedagogical trends in teaching, educational entities increasingly use methods or activities in which the student is placed at the center of the teaching process. One of these new tools constitutes the central element of this work. It is about gamification, which has become an increasingly recurring instrument in the educational field at all levels, from childhood to university higher education.

The objective of this work is the application, evaluation and creation of an Escape Room adapted to the subject of Environmental and Industry Noise Management. With the use of this new didactic methodology as an alternative strategy to traditional education, it is intended that through the resolution of different challenges the knowledge of this subject can be established, also achieving greater attractiveness and better motivation for students.

Finally, a self-evaluation will be carried out that assesses the pedagogical improvements that can be achieved using this type of pedagogical techniques.

### KEYWORDS

Gamification, Escape Room, Motivation, University Higher Education, Noise Management.





## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
OBJETIVOS .....	13
ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA .....	14
CAPÍTULO 1: DESARROLLO TEÓRICO.....	15
1.1. LA IMPORTANCIA DE LA MOTIVACIÓN DEL ALUMNO .....	17
1.2. NUEVAS TECNOLOGIAS PARA MEJORAR EL PROCESO DE LA ENSEÑANZA .....	18
1.3. PENSAMIENTO VISUAL.....	19
1.4. GAMIFICACIÓN .....	20
1.5. ESCAPE ROOM .....	22
1.5.1. TIPOS DE ESCAPE ROOM.....	23
1.6. DISEÑO DE UN ESCAPE ROOM.....	24
1.6.1. PASOS EN EL DISEÑO DE UN ESCAPE ROOM EDUCATIVO .....	25
1.6.2. TIPOS DE PRUEBAS O RETOS PARA EL DESARROLLO DE UNA ACTIVIDAD DE ESCAPE ROOM .....	26
1.7. GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y DE LA INDUSTRIA.....	26
1.7.1. RUIDO AMBIENTAL.....	27
1.7.2. RUIDO INDUSTRIAL.....	35
CAPÍTULO 2: DINÁMICA DE ESCAPE APLICADA A LA ASIGNATURA DE GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y DE LA INDUSTRIA.....	51
2.1. INTRODUCCIÓN.....	53
2.2. OBJETIVOS .....	53
2.3. TEMPORIZACIÓN .....	54
2.4. PARTICIPANTES.....	55
2.5. VARIABLES A TRABAJAR.....	55
2.6. DISEÑO PRÁCTICO .....	56
2.6.1. ANTES DEL INICIO DE LA ACTIVIDAD .....	56
2.6.2. SELECCIÓN DEL CASO PRÁCTICO .....	57
2.6.3. TECNOLOGÍA UTILIZADA .....	64
2.6.4. PRUEBAS O RETOS.....	66
PRUEBA 1.....	67
PRUEBA 2.....	69
PRUEBA 3.....	70
PRUEBA 4.....	71
PRUEBA 5.....	72
PRUEBA 6.....	73

PRUEBA 7 .....	74
PRUEBA 8.....	75
PRUEBA 9.....	76
PRUEBA 10 .....	77
PRUEBA 11 .....	78
PRUEBA 12 .....	80
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y RESULTADOS.....	83
_3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	85
_3.1.1. RESULTADOS LONGITUDINALES.....	85
_3.2. DIFICULTADES ENCONTRADAS.....	90
CONCLUSIONES .....	93
REFERENCIAS .....	97
ANEXO A.....	99



## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema conceptual del proceso 'visual thinking'. Dan Roam. Extraído de: <https://medialab.ugr.es/> ..... 19

Ilustración 2. Pirámide de Kevin Werbach. Elementos de la gamificación. .... 20

Ilustración 3. Tablas normativa estudiadas en la asignatura de Gestión del Ruido Industrial.... 28

Ilustración 4. Estudio de la Calidad de Vida del Instituto Nacional de Estadística. Extraído de: Instituto Nacional de Estadística. .... 28

Ilustración 5. Equivalencia de diferentes niveles de Decibelios. Extraído de: <http://www.allpe.com/>..... 30

Ilustración 6. Curvas de ponderación (filtros de ponderación). Extraído de: <https://www.hispasonic.com/>..... 31

Ilustración 7. Gráficas coeficiente de absorción, humedades relativas y frecuencia. Universidad de Valladolid. Departamento de Física Aplicada. Extraído de: <https://campusvirtual.uva.es/> .. 33

Ilustración 8. Tipos y unidades de mapas estratégicos de ruido. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo. .... 34

Ilustración 9. Control de Ruido Industrial. Universidad de Valladolid. Departamento de Física Aplicada. Extraído de: <https://campusvirtual.uva.es/> ..... 37

Ilustración 10. Valores límite de exposición, actuaciones a realizar vs niveles limite. R.D. 286/2006 (Art.5) ..... 42

Ilustración 11. Valores límite de exposición de los trabajadores. Art. 3. R. D. 1311/2005 ..... 43

Ilustración 12. Normas ISO referidas al ruido de las máquinas..... 46

Ilustración 13. Normas ISO referidas a la vibración en máquinas ..... 46

Ilustración 14. Normas ISO referidas a la exposición de los trabajadores al ruido ..... 47

Ilustración 15. Normas ISO referidas a la exposición de los trabajadores a vibraciones. .... 48

Ilustración 16. Cronograma temporal de la asignatura. .... 54

Ilustración 17. Tabla de las actividades particulares de la estación de trabajo ..... 57

Ilustración 18. Estación de trabajo ..... 58

Ilustración 19. Rango de los estímulos de ruido según la exposición diaria al ruido..... 59

Ilustración 20. Impacto en la sala resultante del nivel de ruido de la estación de trabajo..... 60

Ilustración 21. Proyecto de la solución. ACI. .... 61

Ilustración 22. Instalación de alimentador de correa y el receptor. Soluciones descritas. .... 62

Ilustración 23. Instalación del encapsulado acústico. Soluciones descritas..... 63

Ilustración 24. Escape Room a través de Flippity.net ..... 64

Ilustración 25. Escape Room Demo ..... 65

Ilustración 26. Escape Room reglas ..... 65

Ilustración 27. Enlace dinámica de Escape ..... 66

Ilustración 28. Candados Escape Room ..... 66

Ilustración 29. Prueba 1, Escape Room ..... 67

Ilustración 30. Resumen de la narrativa del Escape Room ..... 68

Ilustración 31. Prueba 2, Escape Room ..... 69

Ilustración 32. Prueba 3, Escape Room ..... 70

Ilustración 33. Solución prueba 3, engranajes ..... 70

Ilustración 34. Prueba 4, Escape Room ..... 71

Ilustración 35. Pista prueba 4 ..... 71

Ilustración 36. Prueba 5, Escape Room ..... 72

Ilustración 37. Solución prueba 5 ..... 72

Ilustración 38. Prueba 6, Escape Room ..... 73

Ilustración 39. Pista prueba 6 .....	73
Ilustración 40. Prueba 8, Escape Room .....	75
Ilustración 41. Pista prueba 8 .....	75
Ilustración 42. Solución prueba 8 .....	76
Ilustración 43. Prueba 9, Escape Room .....	76
Ilustración 44. Prueba 10, Escape Room .....	77
Ilustración 45. Pista prueba 10 .....	77
Ilustración 46. Solución prueba 10 .....	77
Ilustración 47. Prueba 11, Escape Room .....	78
Ilustración 48. Reducción LEX,8h real de la sala industrial .....	78
Ilustración 49. Estrategias reales .....	78
Ilustración 50. Posibles resultados de la dinámica .....	79
Ilustración 51. Evaluación de los diferentes resultados.....	79
Ilustración 52. Prueba 12, Escape Room .....	80
Ilustración 53. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 1) .....	85
Ilustración 54. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 2) .....	86
Ilustración 55. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 3) .....	86
Ilustración 2956. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 4) .....	87
Ilustración 57. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 5) .....	88
Ilustración 58. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 6) .....	88
Ilustración 59. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 7) .....	89
Ilustración 60. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Opinión de los participantes).....	89



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos encontramos ante una sociedad tecnificada, donde el ser humano tiene una gran dependencia de la tecnología, hasta tal punto que en numerosos estudios se considera que el hombre pronto estará robotizado al 100%, lo que significa que las personas funcionaremos básicamente a través de internet, lo cual nos lleva al concepto de “tecnopersonas”. (Echevarria Ezponda, 2018)

Gracias al enorme poder de innovación e interacción que la tecnología presenta, sus usuarios y entre ellos los estudiantes, pueden prestar atención a distintos ámbitos y desarrollan nuevas capacidades cognitivas de procesamiento de la información. Estas circunstancias han hecho replantearse a los educadores las estrategias a seguir en el proceso pedagógico de la docencia y formación de los estudiantes.

Nos encontramos en una sociedad digital por lo que es necesario que la educación igualmente se encamine a este fenómeno. La UNESCO afirma que la innovación educativa no se entiende sin la integración de las TICs en el proceso de formación (UNESCO, 2002). La utilización de simples herramientas como Moodle, Word, Power Point, facilitan el objetivo de cambiar la clase magistral como vía principal utilizada por el docente para llegar a sus alumnos. El problema de estas herramientas es que carecen en gran medida de interacción con los alumnos receptores, por lo que no se estarían aprovechando en la educación todas las oportunidades que ofrecen las TICs.

El 6 de febrero del 2017, en el periódico de tirada nacional El País, la columnista Ana Torres Menárguez, publicó un artículo con el título “*Los últimos minutos de la clase magistral*”, haciendo referencia a que los docentes inventan nuevos métodos de aprendizaje para captar la atención de los alumnos sustituyendo al tradicional monólogo del profesor, el cual comienza a no estar bien visto en los distintos niveles educativos.

Ya en 2006, el investigador y profesor de Ciencias de la Computación en la Escuela de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Noruega, Alf Inge Wang, comenzó a investigar distintas formas para que el interés de los alumnos no decayera durante las clases. Partía como dato básico de que la media de atención del ser humano no supera los veinte minutos y con herramientas interactivas puede reiniciarse el reloj. Creó por ello distintos cuestionarios con formato de juegos, pretendiendo mejorar los niveles de motivación e interacción de los alumnos. En el año 2011, este investigador junto con un grupo de jóvenes estudiantes noruegos lanzó la app educativa Kahoot, galardonada posteriormente en 2015 con el premio EdTechX Europe a la compañía educativa más disruptiva de Europa. Actualmente, tiene más de cuarenta millones de usuarios mensuales de prácticamente la totalidad de los países del mundo.

En igual sentido Anna Iñesta, Directora de innovación educativa en ESADE Business and Law School de la Universidad Ramón Llull de Barcelona, señala que el papel del docente, con el fenómeno digital, ha cambiado “*ya no se trata de darle información al alumno, sino metaconocimiento, ayudarle a relacionar conceptos y sus*

*implicaciones*". No desaparece el papel del profesor, quien tiene que adoptar *"aquello que difícilmente vas a encontrar en YouTube, es el expertise, lo que hace que un docente brille"*. Resalta esta investigadora que la tecnología supone un valor añadido a la clase presencial, permitiendo desarrollar competencias y herramientas para que los alumnos puedan trabajar y aprender por sí solos. El concepto de clase magistral no desaparece de las aulas, sino que deberá ser utilizado de un modo más eficiente aplicando el cambio digital.

Como consecuencia de esto, en la Educación Superior se utilizan cada vez más técnicas innovadoras didácticas, que sitúan al alumno en el centro de las actividades con la finalidad de motivar el aprendizaje y el compromiso. Una de estas técnicas, de la que posteriormente trataré más en profundidad, es la gamificación, que consiste en la utilización de las estructuras y oportunidades de los juegos en actividades no lúdicas, en este caso en el campo educativo. El juego introduce en el proceso de aprendizaje distintos elementos como las reglas, los retos, la interactividad, la retroalimentación y cuando se concluye también aporta un conjunto de respuestas emocionales que pueden ser valoradas y aprovechadas en cualquier proceso pedagógico de enseñanza.

Gabe Zichermann y Christopher Cunningham definen el concepto de gamificación, en su obra *Gamification by Design*, como *"un proceso relacionado con el pensamiento del jugador y las técnicas de juego para atraer a los usuarios y resolver problemas"*.

Previamente a profundizar en el tema, es importante marcar la diferencia entre gamificación y juegos. La gamificación produce y crea experiencias, dando lugar a sentimientos de dominio y autonomía en las personas con el fin de provocar un cambio en el comportamiento de éstas. Los videojuegos tan solo crean experiencias hedonistas, es decir, experiencias que establecen la satisfacción como fin superior y fundamental de la vida.

Con la integración de la gamificación en la universidad, además de motivar el compromiso de los alumnos, se fomenta el trabajo en equipo, eliminando el miedo al fracaso, ya que al aplicar las técnicas de los juegos se indica que perder es una posibilidad que, de nuevo y de forma inmediata ofrecerá otra oportunidad al alumno de obtener el camino correcto hacia el acierto-éxito, desarrollando una competencia sana y consiguiendo una máxima involucración.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se pretende presentar la realización de una Escape Room educativa, como técnica de gamificación, válida para ser aplicada en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria, que se imparte en el cuarto curso del Grado de Ingeniería de Organización Industrial de la Universidad de Valladolid (Uva), con el objetivo de ofrecer al alumno una visión más dinámica e interactiva de los conocimientos de la materia, aplicados a un problema de la vida real.



En definitiva, el propósito de este estudio es concienciar de que la gamificación puede ser una herramienta de gran utilidad para el aprendizaje; también en los estudios superiores que se imparten en las Universidades, donde, dentro de sus sistemas reglados, se debe prestar especial atención al uso de las nuevas metodologías y actividades de I+D+i.

El desarrollo de este trabajo se basa fundamentalmente en diseñar una sala temática de Escape Room, con la intención de crear una herramienta de apoyo formativo, cubriendo las necesidades de los alumnos, facilitándoles una visión más práctica de la materia de estudio y una motivada captación de los conocimientos explicados en las clases teóricas de la asignatura, tratando así de resolver un problema con la máxima implicación del alumno y obteniendo conclusiones de esta actividad y del grado de utilidad de esta técnica en la Educación Superior Universitaria.

## OBJETIVOS

En el presente trabajo se aborda el estudio e implantación de una técnica de gamificación a una asignatura que, como ya se ha dicho anteriormente corresponde al cuarto curso de Ingeniería del Grado de Organización Industrial. La principal razón de su implantación es la necesidad de abordar de manera más práctica algunos de los conocimientos que se imparten al cursar esta asignatura.

Es por ello que el objetivo final de este trabajo es elaborar una guía práctica que explique los pasos que se deben seguir para la implantación de la dinámica de escape room en la Educación Superior Universitaria, empleando los contenidos de la asignatura para elaborar las pruebas o retos de la dinámica.

Para cumplir los objetivos de este trabajo se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿El uso de la gamificación en la enseñanza favorece al trabajo en equipo?
2. ¿La utilización del Escape Room como herramienta en las asignaturas de ámbito universitario aumenta el compromiso del alumnado en el aula?
3. ¿Se desarrolla un estudio completo de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental con el uso de un escape room educativo?
4. ¿Considera el alumno práctico y entretenido el uso de esta herramienta para comprender y profundizar los contenidos de la asignatura?

A lo largo del trabajo se va a intentar responder a las mismas con el propósito de englobar de manera completa los contenidos del estudio.

## ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

Este Trabajo de Fin de Grado se estructura en tres capítulos y un anexo, además de resumen y de la introducción al inicio y de las conclusiones al final del documento.

El primer capítulo, corresponde al desarrollo teórico del trabajo donde se detallan los conceptos teóricos más importantes hasta llegar al diseño de una Escape Room, finalizando con los conceptos de la asignatura a la cual se aplicará la dinámica. Esta última parte es esencial para conseguir el objetivo pedagógico que se persigue en este estudio. El propósito general es obtener una serie de conocimientos previos para la realización del presente Trabajo de Fin de Grado, teniendo en cuenta en todo momento la importancia de que el alumno sea el centro de la dinámica, por ello hay que comprender sus gustos y motivaciones para conseguir los objetivos pedagógicos deseados.

En el segundo capítulo se describe la dinámica de escape que se va a llevar a cabo. Se realizan las cinco partes fundamentales del diseño de un escape room, para finalmente poder aplicarlo en la asignatura. Este apartado cuenta con los siguientes puntos:

1. Definir los objetivos didácticos.
2. Definir el espacio y el número de participantes.
3. Definir criterios de aplicación.
4. Redactar la narrativa de la actividad.
5. Desarrollar las pruebas o retos de la dinámica.

En el tercer y último capítulo se desarrolla un análisis de la dinámica anterior tratando de responder a las preguntas anteriormente planteadas y valorar las ventajas del uso de esta metodología en la asignatura y en la Educación Superior Universitaria.

Por otro lado, el anexo de la memoria corresponde a las noticias y ejemplos de problemas acústicos que serán necesarios para desarrollar la actividad de escape.

Finalmente, se procederá a elaborar las conclusiones obtenidas durante el proceso de elaboración del presente trabajo.



# CAPÍTULO 1: DESARROLLO TEÓRICO





### 1.1. LA IMPORTANCIA DE LA MOTIVACIÓN DEL ALUMNO

La palabra “motivación” procede del latín “*motivus*” que significa “causa de movimiento”. En el campo de la enseñanza se trata de un efecto positivo que el docente pretende conseguir en el alumno mejorando su actitud de aprendizaje. El concepto de la motivación referido al proceso pedagógico, ha sufrido numerosos cambios a lo largo de los últimos años, debido principalmente a los distintos factores que pueden tenerse en cuenta para conseguir este efecto.

Según Anita Woolfolk “la motivación se define usualmente como algo que energiza y dirige la conducta”, añadiendo esta autora que “motivar a los estudiantes hacia los objetivos apropiados es una de esas tareas críticas de los docentes” (Woolfolk, 1996), de lo que se desprende la gran importancia que este aspecto tiene dentro del proceso formativo general y por supuesto también en el caso a estudio referente a la Enseñanza Universitaria.

Existen numerosas clasificaciones de la motivación en la enseñanza, la más importante es la que diferencia la motivación intrínseca, que se refiere a aquella que ejecuta o activa el propio individuo cuando lo desea, es decir que lleva consigo y no depende del exterior y la motivación extrínseca que proviene del exterior, siendo aportada por otras personas, por el ambiente... La motivación extrínseca es menos potente, pero puede desencadenar la motivación intrínseca.

Es importante señalar que la motivación va cambiando con variables como la edad, el interés, por lo que el docente tendrá que adecuar la forma de conseguir esta motivación en el alumno teniendo en cuenta el momento en el que se lleva a cabo el proceso formativo. El profesor debe encontrar la manera de conseguir que los alumnos estén activos para conseguir su máxima atención y compromiso con la materia, teniendo en cuenta además que, un aprendizaje eficaz depende no solo de los conocimientos y capacidades del propio estudiante, sino también del interés que éste tenga por los contenidos, así como de la voluntad, actitud y motivación que muestre en el proceso de aprendizaje.

Seguidamente se indican algunas acciones que influyen de forma positiva en la motivación del alumno, pudiendo ser aplicables a cualquier asignatura que se imparta en los estudios universitarios y por tanto en el Grado de Organización en Ingeniería al que pertenece el presente TFG:

- Dejar clara la importancia de la asignatura desde el principio, señalando su utilidad y necesidad en la vida real.
- Organizar la asignatura y el temario que se va a impartir, planificando de manera precisa las actividades que se van a realizar a lo largo de la asignatura.
- Establecer metas y recompensas. Según Paredes (2015, p.19) “cuando actuamos, lo hacemos persiguiendo un objetivo claro”.

- Generar interés por el tema de trabajo, variando los métodos de enseñanza, usando documentales, trabajos en equipo... que permitan despertar la curiosidad sobre el tema tratado en el aula.
- Ofrecer al alumno un sentimiento de competencia positiva, que motive a cada alumno.
- Facilitando el aprendizaje cooperativo para conseguir el máximo compromiso trabajando en equipos.
- Relacionar lo que se enseña con el mundo real práctico.

Gracias al desarrollo tecnológico actual existen numerosos métodos que facilitan la motivación de los alumnos en la Universidad. Por lo que un buen uso de estas fomenta y ayuda a la captación de los conocimientos.

## **1.2. NUEVAS TECNOLOGIAS PARA MEJORAR EL PROCESO DE LA ENSEÑANZA**

Cuando hablamos de nuevas tecnologías hacemos referencia al uso de las TICs o Tecnologías de la Información y la Comunicación en el ámbito educativo, siempre con el propósito de mejorar y favorecer la docencia. Cada vez son más las entidades educativas que buscan fortalecer la relación entre la educación tradicional y el uso de las nuevas tecnologías en el aula. La Unesco afirma que las TICs ayudan a lograr el acceso universal a la educación y mejoran la igualdad y la calidad; contribuyendo al desarrollo profesional de los docentes y a la mejora de la gestión, siempre y cuando se apliquen las políticas, las tecnologías y las capacidades adecuadas.

Las TICs tienen un papel fundamental en el proceso formativo debido al gran número de sentidos que se pueden estimular y potenciar en el alumno (Sosa Ochoa , 2013). El aporte dentro del método didáctico de información a través de videos interactivos y software multimedia, donde el alumno además de recibir conceptos teóricos, tiene que realizar actividades que refuercen su aprendizaje, mejora dicho proceso formativo.

En este sentido, debemos señalar que en la actualidad se hace referencia a cuatro nuevas tecnologías aplicables en la educación que son las siguientes:

- Libros electrónicos.
- Ordenadores.
- Teléfonos móviles digitales, grupos de WhatsApp.
- Cursos MOOC, aprendizaje en línea.

Además, hay que destacar que el uso de los videojuegos en el ámbito educativo está cada vez más de moda, ya que una buena utilización de estos consigue captar la atención plena de los alumnos.

Por otro lado, es importante no olvidar que las TICs son el medio no el fin, el profesor debe conseguir que a los alumnos no les llame la atención el uso de las nuevas tecnologías en la clase y que interpreten que se trata simplemente de un lugar y

medio de juego, sino que a través de estas tecnologías resulte más sencillo llegar y fijar los contenidos de la asignatura.

### 1.3. PENSAMIENTO VISUAL

En la actualidad la imagen está irrumpiendo de una forma determinante en la forma de conocer el mundo. La lucha de la escritura contra la imagen marca toda la historia de la humanidad, pero por esa misma razón, ambas continúan perfeccionándose.

El 'visual thinking' o pensamiento visual hace referencia a la capacidad para descubrir, generar, desarrollar, manipular, relacionar y compartir ideas de un modo rápido e intuitivo. Y, además, es algo completamente innato. Cuando somos niños, aprendemos antes a identificar y aprehender el mundo de manera visual que de manera verbal. (Pantoja Chaves, 2007). El cerebro humano, por lo tanto, está preparado para asimilar con mayor facilidad imágenes que textos.

Rudolf Arnheim, fue un psicólogo y filósofo que realizó importantes contribuciones en la comprensión del arte visual, en su obra fundacional "Visual Thinking", de 1969, afirmó que "la visión es el medio primordial del pensamiento". Por otro lado, Arnheim describió el pensamiento visual como un tipo de pensamiento metafórico e inconsciente, la unión de percepción y concepción que necesita la habilidad de ver formas visuales como imágenes (dibujos, símbolos, signos...). Es decir, consiste en pensar conscientemente, usando los mecanismos del procesamiento visual inconsciente del cerebro.

En definitiva, el objetivo de esta técnica es entender mejor las ideas, definir objetivos, identificar problemas, descubrir soluciones, simular procesos y generar nuevos conceptos. Además, Dan Roam, experto en visual thinking y autor del libro "Tu mundo en una servilleta, el proceso del pensamiento visual", elaboró el siguiente esquema para definir los conceptos del proceso 'visual thinking':

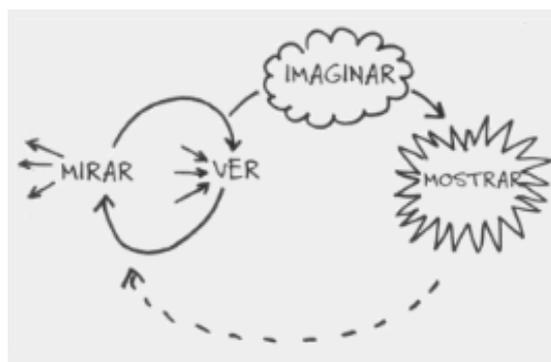


Ilustración 1. Esquema conceptual del proceso 'visual thinking'. Dan Roam. Extraído de: <https://medialab.ugr.es/>

En la actualidad, el pensamiento visual es un recurso muy utilizado en la Educación Infantil, pero cada vez aparece con mayor influencia en la Educación Superior a través de la tecnología, ya que, aunque a mayores edades no se encuentran tantos problemas para expresarse de manera textual, las ventajas del pensamiento visual pueden ser muy beneficiosos.

Un ejemplo del uso del pensamiento visual en la educación es el gran número de recursos que se utilizan en la herramienta para explicar contenido teórico. Se emplean herramientas como Canva, PowerPoint, Prezzi, etc. Las cuales fomentan el pensamiento visual y ayudan a los alumnos a recupera el lenguaje visual para comprender y explicar la realidad.

#### 1.4. GAMIFICACIÓN

En la actualidad se puede afirmar que la gamificación no cuenta con una definición universal, ya que son muchos y variados los sectores en los que puede ser aplicada. Desde el punto de vista educativo, podemos considerar que la gamificación es una técnica que traslada la mecánica de los juegos al aula.

En mayo de 2011, el investigador y diseñador de juegos Sebastian Deterding, realiza un estudio sobre el origen y los términos relacionados con la gamificación, con el objeto de determinar e identificar distintos conceptos elementales relacionados con esa técnica como son el juego, el diseño y los contextos no lúdicos, para posteriormente definir la gamificación como “*el uso de las mecánicas de juego y diseño de experiencias para comprometer y motivar, de manera digital, a la gente para alcanzar sus objetivos*”.

Para profundizar en este concepto nos fijamos en la exposición de Kevin Werbach, académico, empresario y autor estadounidense, que ha desarrollado numerosos estudios sobre la gamificación y que en su libro “*Revoluciona tu negocio con las técnicas de los juegos*” (Werbach & Hunter, 2014), explica los elementos de la gamificación utilizando la siguiente pirámide:

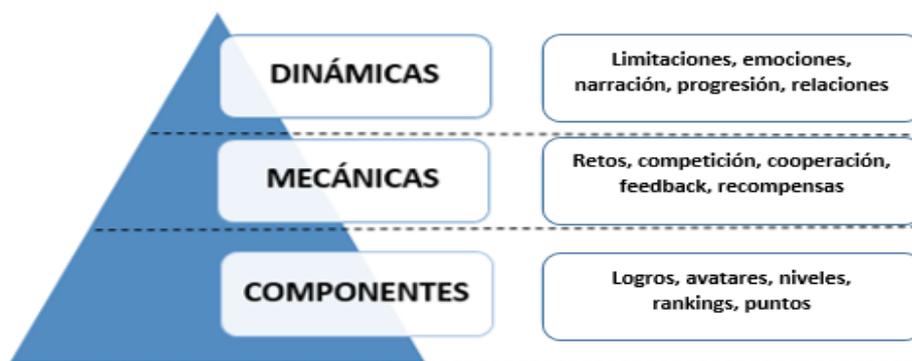


Ilustración 2. Pirámide de Kevin Werbach. Elementos de la gamificación.

Analizando la pirámide de Kevin Werbach se observan tres niveles. En la cima se encuentran las dinámicas, que se refieren a las emociones o motivaciones que van a hacer que el jugador continúe inmerso en el juego. En el centro de la pirámide se disponen las mecánicas, donde se recogen aspectos como los retos, las oportunidades, la competición, las recompensas... se trata de los recursos disponibles con los que se consigue mantener el interés el jugador. En el nivel inferior se pueden observar las componentes, donde están las actividades específicas que ponen en funcionamiento las dinámicas y mecánicas de la experiencia.



Años después, en 2014, el diseñador y consultor Brian Burke, plantea la cuestión de si es comprensible la gamificación sin un ambiente tecnológico o digital, ya que la define como *“el uso de mecánicas de juego y diseño de experiencias para comprometer y motivar, de manera digital, a la gente para alcanzar sus objetivos”*.

Actualmente sigue abierto este debate que profundiza en los medios que la técnica de la gamificación tiene a su disposición para ser utilizados en la enseñanza ¿Debemos reducirles tan sólo a los tecnológicos y digitales? La respuesta podría ser afirmativa, pero posiblemente se cometería un error si no valoráramos lo suficiente y tuviéramos en cuenta otros medios lúdicos anteriores en el tiempo y de gran uso y utilidad en los métodos didácticos aplicados hasta el momento en la enseñanza. En este aspecto podemos destacar que son muchas las dinámicas que existen y que, a pesar de ello, aún hay muchos docentes que las ignoran.

Para que sea adecuado el uso del juego en el ámbito educativo, éste debe adquirir unas características especiales. Previamente a la aplicación de estas técnicas hay que identificar con precisión el objetivo pedagógico que se persigue, plantear los problemas y la progresión del método que se va a desarrollar, establecer la condición de uso, es decir, quién, cómo, y cuándo se va a poder emplear dicha experiencia, y finalmente se conseguirá simular la dinámica.

Por ello, es importante conocer las técnicas que se deben emplear para conseguir un aprendizaje positivo. Pueden ser mecánicas, las cuales hacen referencia a lo que consigue el alumno implicándose en el juego: recompensas, desafíos, escalado de niveles, calificaciones... Y, por otro lado, se encuentran las técnicas dinámicas, que hacen referencia a la motivación del propio usuario para continuar activo en la práctica (estatus, logro, competición...).

En todo caso habría que concluir que son muchos los estudios e investigaciones que afirman que el modelo del juego funciona en el proceso didáctico, ya que se consigue motivar a los alumnos, mejorando su compromiso y buscando siempre fomentar el ánimo de superación en él.

En el presente trabajo se va a seleccionar una técnica de juego, el escape room, para facilitar la docencia del profesorado y el aprendizaje del alumno, aplicando este método a una asignatura concreta, Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria, del curso cuarto del Grado de Organización Industrial de la Uva. En este sentido debemos destacar que cada vez son más los investigadores que consideran los escape rooms como parte de la gamificación, considerándoles como una experiencia lúdica que debe incorporarse al sistema educativo, valorando su gran potencial de desarrollar habilidades como la observación, la experimentación, la concentración, la capacidad de aprender a pensar, el razonamiento lógico, el trabajo en grupo, etc.

### 1.5. ESCAPE ROOM

El aprendizaje por competencias es una de las claves en el proceso de enseñanza, por eso podemos considerar interesante escoger el escape room, o sala de escape en español, como metodología para actualizar la docencia de una asignatura a las nuevas tendencias. Hoy en día cada vez está más de moda la realización de este tipo de actividades como pasatiempo y modo de entretenimiento en la vida cotidiana, siendo cada vez más frecuentes la apertura de locales comerciales dedicados a realizar este tipo de actividad de forma exclusiva.

El origen del Escape Room fue una mezcla de las influencias de los videojuegos, las novelas policiacas y el concepto de “*flow*”, como flujo hacia la felicidad a través de actividades que requieren un gran esfuerzo y concentración, aportado por el psicólogo Mihaly Csíkszentmihályi en 1975 (Molina, 2019). Este autor, en sus estudios, hace referencia al estado mental en el cual una persona se encuentra completamente inmersa en la actividad que está realizando. Nicholson afirma que el origen de esta actividad no está claro, pero es probable que sea la combinación de diferentes actividades como la búsqueda del tesoro, juegos de aventuras... (Scott, 2015)

Fue en Japón en 2008 cuando se usaron por primera vez, creciendo y expandiéndose rápidamente por el resto del mundo. Actualmente, en España es la ciudad de Barcelona la que más salas de escape tiene abiertas (Valero Dengra, 2018), pero este sector está en pleno auge y cada año son más los negocios con estas características que se abren en los barrios de las ciudades.

Daigo y Ventura, exponen que con la ayuda de las Escape Rooms Educativas los estudiantes retienen el conocimiento favorablemente, ya que pueden utilizar lo que han aprendido en un juego, por lo tanto, el alumnado participa en el proceso de “*aprendizaje activo*”, haciendo en sí un aprendizaje significativo y duradero (Daigo & Ventura-Campos, 2017).

Un Escape Room consiste en una sala de escape, física o virtual, en la que un grupo de personas deben resolver un enigma, un problema, un supuesto práctico..., a través de la resolución de las pistas y datos que se les aportan y disponiendo para ello de un tiempo preestablecido. Se aporta previamente una historia o narrativa, un contenido de conocimiento, que tiene relación con los problemas que se deben resolver para conseguir el objetivo final de salir de la sala. Para ello los jugadores deben utilizar todas sus capacidades tanto intelectuales como creativas. Además, hay que destacar que como la actividad se lleva a cabo en grupo, una buena coordinación de los miembros del equipo de trabajo, da más posibilidades de salir de la sala.

Cuando hablamos de escape room educativo nos referimos a usar la dinámica anterior para conseguir que los alumnos se involucren al máximo en la actividad, desarrollando capacidades cognitivas y aprendiendo en cada prueba sea superada o no. Los alumnos dispondrán de un problema relacionado con la asignatura que tratarán de resolver en un determinado tiempo.



Algunas de las ventajas del uso de esta técnica en el aula son las siguientes:

- Los alumnos adquieren o desarrollan la capacidad de visión del conjunto del tema tratado en la asignatura, presentando un proceso reflexivo en la dinámica que motiva al alumno.
- Para conseguir el objetivo, los alumnos deben desarrollar sus capacidades personales, como la exposición verbal para conseguir comunicarse correctamente con el grupo, al mismo tiempo que promueve la colaboración y el trabajo en equipo y además se desarrolla la habilidad intuitiva para resolver problemas...
- El uso de esta técnica para asentar algunos conocimientos en ciertas asignaturas es muy útil porque se consigue una motivación en el proceso de aprendizaje que tiene como consecuencia la máxima implicación de los alumnos.
- Durante la dinámica los alumnos aprenden a trabajar bajo presión.
- La escape room educativa se presenta dentro de un entorno creativo de aprendizaje, el cual fomenta el autodescubrimiento, pudiendo integrar todos los estilos de aprendizaje y motivando al alumnado a explorar su creatividad multisensorial y educativa.

Además de las ventajas expuestas desde el punto de vista del alumnado, hay que destacar que el uso de esta técnica da muchas oportunidades a los docentes, ya que permite incluir cualquier contenido de la asignatura, ya sea teórico o práctico, que necesiten presentar o recordar al estudiante, para resolver las diferentes pruebas. Por ello, una vez disponible este medio de formación, se puede emplear en diferentes ocasiones, variando las pruebas en función de los contenidos que se quieran impartir al alumno en cada ocasión.

Cada Escape Room tiene un tema determinado. La parte más difícil técnicamente es su configuración ya que es la responsable de hacer que el jugador se sienta transportado a un lugar y tiempo diferente, aportando durante todo el proceso, emociones con un alto grado de misterio, intriga y motivación, para que la dinámica del juego didáctico tenga un resultado satisfactorio para todas las partes implicadas.

### **1.5.1. TIPOS DE ESCAPE ROOM**

Existen salas de escape muy variadas y la clasificación es muy amplia, destacando para nuestro tema la que hace referencia al funcionamiento de la dinámica:

Escape Room lineal: existen un número limitado de pistas con las que se van desbloqueando otras nuevas que necesitaremos para avanzar en el juego. Las pistas ya aplicadas no tienen múltiples usos y no se van a necesitar más adelante. El ir desechando las pistas según se va avanzando en la actividad, hace que el objetivo sea más claro y se reducen las opciones para solucionar el reto.

Escape Room no lineal: por el contrario, se ofrecen numerosas pistas y es el jugador quien decide cuando usarlas. Además, son de múltiple uso, lo que dificulta la actividad. Durante la sesión los participantes deciden cual es el orden de las pistas.

Otra clasificación de interés, es la relacionada con la temática de la experiencia de escape, pudiendo aplicarse en cada juego distintas variables, presentándole como muy diferente en cada situación. Existen Escape Room históricos, futuristas, de investigación, de aventura...

Por último, teniendo en cuenta cómo se expresa la historia o narrativa principal de la actividad, se pueden diferenciar diferentes tipos de escape rooms:

Clásico: es el más común, se basa en candados que te van dando acceso a las siguientes pistas.

Con actor/es: al intervenir en el juego un actor aumenta la realidad de la experiencia y la inmersión en el juego es mayor. No sólo pueden actuar en el inicio de la actividad sino en el transcurso de la misma, pudiendo ser de gran utilidad para señalar alguna pista o indicación.

Tecnológico: consiste en automatizar la sala dejando a un lado las tradicionales salas de escape con candados.

## 1.6. DISEÑO DE UN ESCAPE ROOM

Anteriormente se ha hecho referencia a la dificultad real y compleja que conlleva el diseño de las salas de escape. El sector de su creación está en alza presentando un nuevo modelo de negocio. Existen numerosas empresas que se dedican al desarrollo, a través de una idea o una serie de indicaciones fijadas por el cliente, de una sala de escape temática. Según un artículo del País (agosto del 2018) *“en dos años, el número de empresas dedicadas a este negocio ha aumentado un 451%, pasando de 150 compañías a mediados de 2016, a 677 en 2018”* (Granda, 2018).

A la hora de comenzar con el diseño es importante tener en cuenta una serie de consideraciones previas:

- No perder de vista a quien se dirige la actividad, en función de esto se realizarán una serie de pruebas u otras. En todo momento han de tenerse presentes los intereses de los participantes.
- Estimar la duración que va a tener la sesión de escape, es decir, el tiempo máximo para conseguir escapar de la sala.
- El diseñador creador debe ser consciente de que el primer diseño no es siempre el definitivo.
- Cuanta más experiencia tenga el diseñador en salas de escape más fácil será conseguir el objetivo didáctico del educador.

Antes de comenzar la actividad es conveniente detallar las normas básicas de la sesión, el uso de las herramientas, y advertir de la importancia de no saltarse las normas (no romper nada, no manipular las señales del espacio, etc.).



### 1.6.1. PASOS EN EL DISEÑO DE UN ESCAPE ROOM EDUCATIVO

A continuación, se comentan los pasos que se deben seguir en el diseño de un Escape Room Educativo:

1. En las salas de escape educativas el primer paso será establecer los objetivos didácticos que se quieren conseguir con el desarrollo de la actividad.
2. Definir el espacio y el número de participantes, al estar hablando de salas de escape educativas, la participación suele variar entre 20-30 alumnos, debiendo dividir a los participantes en grupos para poder fomentar el trabajo en equipo. De esta manera el desafío se resolverá de manera conjunta. Normalmente el lugar de desarrollo de la actividad es el aula, a pesar de que este espacio no es el más atractivo para este tipo de actividades ya que suele ser muy amplio y es difícil de ambientar. Por ello, es importante tener en cuenta las herramientas online disponibles durante toda la sesión. Un buen uso de éstas será la clave para mantener la intriga o interés de los alumnos hasta el final de la actividad.
3. El siguiente paso consiste en redactar una narrativa que servirá de enunciado de la actividad, debe ser atractiva para los alumnos, ya que será con lo que se inicie el juego.  
La narrativa debe definir el contexto y justificar los desafíos que los jugadores van a tener que superar. Las componentes del juego ayudan a desarrollar la narrativa.  
Por otro lado, es importante definir la historia en el contexto educativo teniendo en cuenta el espacio y la temática de la actividad. Debe existir una integración entre todos los elementos para que el jugador se sienta totalmente implicado en el juego.
4. La parte más compleja del diseño es el desarrollo de las pruebas o retos que completan la experiencia. Para ello es importante realizar un estudio de todas las opciones que existen además de considerar las herramientas que serán útiles para la realización de las pruebas. Cuanto más variadas sean las pruebas más fáciles será mantener la motivación de los participantes.
5. Finalmente, hay que definir los criterios que indicarán si se supera la actividad o no. Si un equipo no supera todos los retos, pero están cerca de finalizar la actividad se pueden definir tiempos extras. Este equipo no será el ganador de la actividad, pero sus miembros tendrán la posibilidad de completar la aventura.

### 1.6.2. TIPOS DE PRUEBAS O RETOS PARA EL DESARROLLO DE UNA ACTIVIDAD DE ESCAPE ROOM

Existen numerosos objetos habilitados en las salas de escape, desde maletines con pruebas hasta el uso de ordenadores u otros aparatos electrónicos. Los objetos más comunes en las pruebas de estas actividades son las siguientes:

- Esposas, Candados: se presentan principalmente en las salas de escape clásica. Los candados son el objeto característico de este tipo de actividad. El uso de estos elementos hace que el participante tenga que conseguir superar una serie de retos para conseguir la llave que les permita la apertura de estos objetos, pudiendo así continuar con la experiencia.
- Escondites: zonas que permiten ocultar cualquier tipo de objeto en la sala y que al ser descubiertas por los participantes les habilita para superar el enigma.
- Puzles o rompecabezas: los tradicionales rompecabezas, puzles o trabalenguas son de gran utilidad en estas dinámicas.

En los Escape Rooms educativos son muy útiles actividades como la búsqueda de información en imágenes, en pruebas expuestas o empleando fuentes externas, para conseguir los objetivos pedagógicos de la actividad.

En la actualidad, hay que tener muy presente las nuevas tecnologías, ya que ofrecen grandes posibilidades para ser aplicadas en este tipo de experiencias. Elementos sencillos como las aplicaciones que permiten realizar una cuenta atrás para controlar el tiempo que le queda a un reto para su finalización, candados digitales, etc., pueden ser utilizados de forma sistemática en la creación y diseño de estas actividades.

Una vez definidas las pruebas, es importante comprobar que todo funciona como estaba programado, que tienen una relación o secuencia coherente y que se pueden resolver con los conocimientos que los estudiantes tienen en ese momento. Lo más preciso es probar con algún participante ajeno al proyecto, si la experiencia es adecuada y si los retos son asequibles o por el contrario demasiado sencillos o complicados. Además, esta experimentación previa a la actividad práctica real sirve para poder estimar el tiempo necesario para resolver los enigmas de manera más precisa.

## 1.7. GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y DE LA INDUSTRIA

Antes de comenzar el desarrollo práctico del presente trabajo es importante tener claros los contenidos de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria, a la cual se le va a aplicar esta actividad.

Actualmente, la asignatura cuenta con dos partes completamente diferenciadas, la primera se dedica a la gestión del ruido ambiental y en la segunda se estudia los factores que afectan en el sector industrial.



Se trata de una asignatura cuatrimestral, con un total de sesenta horas presenciales, llevándose a cabo clases teóricas, sesiones de laboratorio y clases prácticas en las que se comentan y resuelven problemas relacionados con la materia.

Los objetivos de la asignatura son los siguientes:

- Conocer y comprender las distintas normativas relacionadas con la gestión del ruido.
- Familiarizarse con los términos y vocabulario específico de la gestión del ruido.
- Ser capaz de aplicar eficientemente los conceptos y métodos estudiados a los diferentes campos de la acústica.
- Conocer la legislación que regula el ruido en el puesto de trabajo.
- Ser capaz de plantear soluciones para resolver problemas relacionados con el ruido.
- Familiarizarse con los aparatos que se utilizan para medir los parámetros acústicos.

A pesar de las horas prácticas de la asignatura con sesiones de laboratorio en las que se trabaja en grupo, la asignatura presenta en la mayor parte un carácter teórico, por lo que los alumnos al concluir el cuatrimestre adquieren un aprendizaje del contenido de la asignatura, siendo interesante introducir algún elemento práctico que fije los conocimientos de la misma.

El propósito de este trabajo es aplicar la técnica del Escape Room para conseguir a través de esta dinámica resolver un caso real, con el fin de aplicar una gran parte importante de los contenidos de la asignatura y conseguir que los alumnos tengan una visión más práctica de los conocimientos que se aprenden al cursarla.

### **1.7.1. RUIDO AMBIENTAL**

La primera parte de la asignatura estudia los factores que afectan al ruido ambiental. El desarrollo del temario de esta parte de la asignatura comienza considerando el ruido como un agente contaminante, el cual provoca deterioro de la calidad de vida de los individuos (personas, trabajadores, etc.) y genera preocupación social.

La queja de los ciudadanos motiva el desarrollo normativo para evaluar, vigilar y corregir las situaciones nocivas del ruido. Durante esta primera parte de la asignatura se exponen los efectos del ruido en las personas, que pueden ser físicos o psicológicos.

Cuando afectan al aparato auditivo se diferencia entre exposición aguda que puede suponer la ruptura de la membrana del tímpano con un límite máximo de 140 dB, y la exposición crónica que desplaza permanentemente o temporalmente el umbral auditivo, y además puede provocar la pérdida de audición en algunas frecuencias.

Antes de profundizar más en el tema, se estudian los antecedentes del ruido, revisando de manera global la evolución de las normativas acorde a la materia:

Últimas Normativas	
Directiva 2002/49/CE	Sobre evaluación y gestión del ruido ambiental
Ley 37/2003, del Ruido	Transpone a nuestro país la directiva Europea
RD 1513/2005	Evaluación y gestión del ruido ambiental
RD 1537/2007	Zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas
RD 314/2006	Por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
RD 1371/2007	Por el que se aprueba el documento básico DB-HR Protección frente al ruido
Ley 5/2009	Ruido en Castilla y León
Ordenanza sobre ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Valladolid (2003)	

Ilustración 3. Tablas normativa estudiadas en la asignatura de Gestión del Ruido Industrial

Alrededor del 20% de los habitantes de Europa Occidental están expuestos a niveles de ruido que se consideran excesivos. Por ello, la evolución del ruido desde 1970 se considera prácticamente estacionario. En el siguiente gráfico se observa la población que sufre problemas de ruido en España, gracias a un estudio de la Calidad de Vida del Instituto Nacional de Estadística realizado en el año 2018 (INE, 2018).

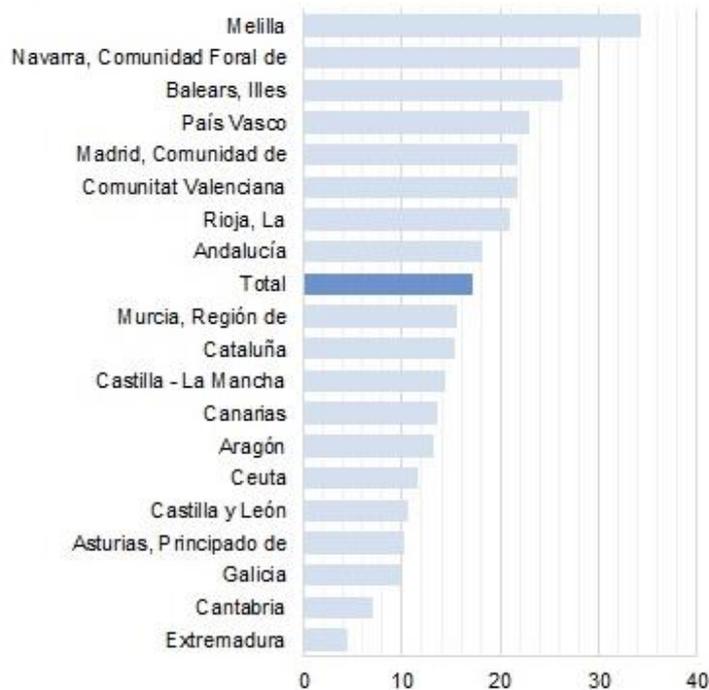


Ilustración 4. Estudio de la Calidad de Vida del Instituto Nacional de Estadística. Extraído de: Instituto Nacional de Estadística.

El periódico 20 Minutos publicó en mayo de 2010, un artículo en el que clasificaba a España como uno de los países donde la contaminación acústica es más preocupante, con efectos nocivos sobre la salud. En igual sentido, en 2016, el periódico ABC, publicó otro artículo afirmando que España es el segundo país más ruidoso del mundo “tan sólo Japón supera en niveles de contaminación acústica a nuestro país, según la National Academy of Science Report” (ABC, 2016).

Debido a estos malos datos ambientales, cada vez son más las condenas a la Administración encaminadas a fijar una indemnización por los ruidos sufridos por los ciudadanos en sus domicilios, llegando a situaciones que hasta hace poco eran impensables. Por esta razón, en 2010 se obligó a todos los Ayuntamientos a elaborar una ordenanza para controlar y regular las situaciones nocivas del ruido.

Los alumnos, durante la asignatura aprenden a manejar la Ordenanza sobre ruidos y vibraciones fijada en la normativa local, y realizan un estudio de los principales capítulos de esta, así como un análisis crítico de los mismos, cubriendo de esta forma parte de los contenidos de la asignatura. Se complementa además con una charla que presenta un Técnico del Ayuntamiento de Valladolid, del área de Desarrollo y Medio Ambiente, especialista en ruido y vibraciones, para asentar y poder comentar los conocimientos adquiridos.

En otro apartado del temario se estudia el sonido como onda, entendiendo el concepto del sonido como un fenómeno físico que consiste en la alteración de las partículas del medio. El concepto de movimiento ondulatorio es el fenómeno de propagación de una perturbación a través del medio. Por lo tanto, se entiende el concepto de onda sonora como onda longitudinal que al llegar a nuestro oído produce lo que conocemos con sonido.

La clasificación de las ondas sonoras depende de la dirección de la vibración de las partículas (ondas longitudinales y ondas transversales) o de la forma del frente de las ondas (ondas planas, ondas esféricas y ondas cilíndricas).

Después de comprender el concepto del sonido, se procede a la medida de este. La escala audible del oído humano es de 0 a 120 dB. Si se superan estos umbrales pueden existir efectos irreversibles en la salud del receptor.

Dado que las variaciones de presión audibles se encuentran en una gama muy amplia, variando entre 28 N/m<sup>2</sup> y 2·10<sup>-5</sup> N/m<sup>2</sup>, se adoptó para su medición una unidad logarítmica llamada el Decibelio (dB) en la que interviene una magnitud de referencia, que es precisamente la mínima presión audible o presión de umbral.

$$\text{Eq. (nº1)} \quad dB = 20 \log \frac{P}{P_0} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

$$\text{Donde: } P_0 = 20 \mu Pa \quad \text{y} \quad W_0 = 10^{-12} \text{ vatios}$$

Para medir el impacto que un ruido tiene sobre un receptor se establecen una serie de indicadores, que dependen de la velocidad o rapidez con la que ocurren los eventos ruidosos, la energía total recibida, y de la magnitud de los eventos aislados más ruidosos. Algunos de estos indicadores son:

- Nivel sonoro continuo equivalente: nivel sonoro, que manteniéndose constante, dura todo el periodo de tiempo que dura el sonido variable, tiene la misma energía que el sonido variable.
- Nivel de exposición sonora (SEL): nivel sonoro que manteniéndolo constante un segundo, tiene la misma energía que el sonido variable.

- Percentiles (Ln): valor por encima del cual ha estado el nivel de presión sonora el N% del tiempo.
- Índice día-noche: valor medio de los niveles en horario diurno y nocturno ponderados con el número de horas de cada intervalo.
- Índice mañana-tarde-noche: valor medio de los niveles de la mañana, la tarde y la noche, ponderado con el número de horas de cada intervalo, y penalizados con 5 dB la tarde y con 10 dB la noche.

Durante las sesiones de laboratorio de la asignatura los alumnos hacen mediciones a través de los diferentes aparatos disponibles, sonómetro y dosímetro, para familiarizarse con la medida del ruido. Es común, que hoy en día una persona pueda imaginar mentalmente cuánto es un metro de distancia, qué cantidad es un 1 litro de agua o cuánta velocidad corresponde a 10 m/s, pero suele resultar difícil identificar en qué situación se encuentra una persona expuesta a una situación de 50 dB. En la siguiente figura se puede observar la equivalencia de diferentes niveles de decibelios (ALLPE, s.f.):



Ilustración 5. Equivalencia de diferentes niveles de Decibelios. Extraído de: <http://www.allpe.com/>

Para comprender mejor los conocimientos expuestos, se estudia la información acerca de qué frecuencias contiene un sonido y cuáles son las respectivas amplitudes y fases. Este concepto se denomina espectro del sonido. Suele representarse con la frecuencia en las abscisas, y la amplitud en las ordenadas.

Normalmente, cuando estudiamos una onda compleja, su visualización en el dominio temporal no aporta información suficiente por lo que es conveniente realizar el análisis espectral de la onda a estudio. Para ello, es necesario emplear la Teoría de Bandas de Frecuencia, considerando una banda de frecuencia a una zona del espectro caracterizada por dos frecuencias límites (superior e inferior) y una frecuencia central. Para conseguir el espectro del sonido, teniendo en cuenta el

rango audible (20-20000 Hz), este se divide en bandas de frecuencia que cumplen la siguiente ecuación:

$$\text{Eq. (n}^\circ\text{2)} \quad f_c = (f_i f_s)^{1/2}$$

Se usan dos tipos de bandas de ancho proporcional a la frecuencia central que siguen la siguiente ecuación :  $f_s - f_i = k f_c$ . Se diferencia entre, banda de octava ( $f_s - f_i = 0.77 f_c$ ) y banda de tercio de octava ( $f_s - f_i = 0.23 f_c$ ). Observando las ecuaciones, se concluye que es más preciso utilizar la segunda de estas ya que con ellas se hacen el triple de mediciones, por ser tres veces más estrechas.

Para obtener el espectro del sonido además se utilizan diferentes filtros, existen filtros en paralelo (analizadores) o filtros en serie (sonómetros). Actualmente los propios sonómetros también contienen filtros en paralelo por lo que los primeros se han dejado de utilizar.

Los filtros de ponderación representan las curvas de ponderación empleadas. La más utilizada es la ponderación A, dBA, por reproducir bien el comportamiento del oído humano, la ponderación C se utiliza para medir valores de pico y la D para realizar medidas en aeropuertos. La ponderación B se encuentra en desuso debido a la falta de precisión que proporciona. Su uso más habitual era para estudiar señales que tuvieran niveles medios, por ejemplo, para medir contenidos musicales.

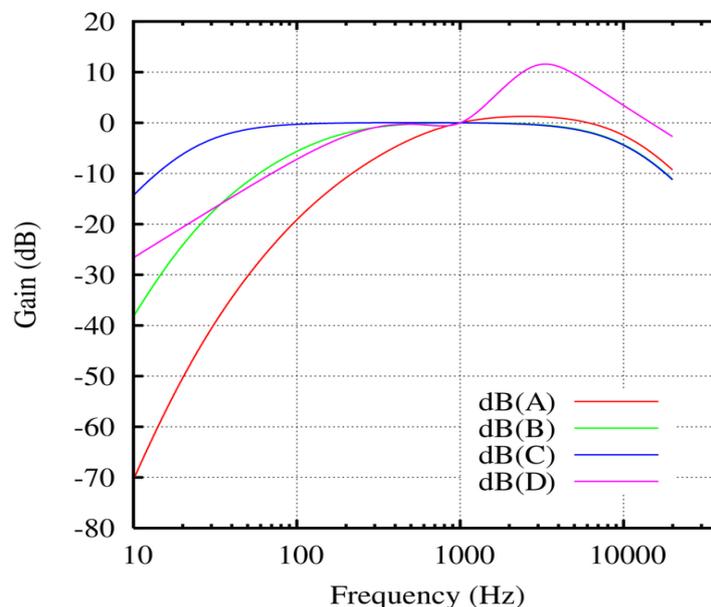


Ilustración 6. Curvas de ponderación (filtros de ponderación). Extraído de: <https://www.hispasonic.com/>

Observando la imagen anterior podemos concluir que los componentes en bajas frecuencias difieren en grandes cantidades, midiendo con ponderación A y con ponderación B. De esta manera podemos diferenciar entre altas y bajas frecuencias de un ruido concreto.

Tras el estudio del análisis del espectro del sonido, se realizan en el laboratorio una serie de mediciones variando la ponderación donde los alumnos se familiarizan con los contenidos estudiados. Por otro lado, se emplea una fuente sonora, dispositivo capaz de generar ondas sonoras. Esta es capaz de emitir ondas sonoras en una frecuencia determinada (tono puro), en un rango de frecuencias o en todo el rango de frecuencias sonoras. En este último caso el ruido puede ser blanco o rosa. En el laboratorio de la asignatura, se aprende a distinguir entre estas dos teniendo en cuenta los siguientes conceptos:

- Ruido blanco: es el que se genera cuando la energía sonora que emite la fuente está uniformemente repartida en todas las frecuencias.
- Ruido rosa: es el que se genera cuando la energía sonora que emite la fuente está uniformemente repartida en todas las bandas de octavas.

La materia de la asignatura continúa con el concepto de tiempo de reverberación,  $T_r$ , que mide la rapidez de respuesta del recinto, es decir, el tiempo que tarda el nivel de presión sonora de un recinto en disminuir 60dB respecto a un nivel de excitación. En resumen, el tiempo de reverberación es el tiempo que el sonido tarda en extinguirse en un recinto. Existen dos tipos de recintos, cámara anecoica, donde el tiempo de reverberación es muy pequeño y cámaras reverberantes en las que, al contrario que la anterior, es muy grande.

Para calcular el tiempo de reverberación se utiliza la Formula de Sabine:

$$\text{Eq. (nº3)} \quad T_R = 0.161 \frac{V}{A}$$

Siendo V el volumen de la sala y A el área de absorción equivalente de las paredes en  $m^2$ .

( $A = \sum \alpha S_i$ , donde  $\alpha$  es el coeficiente de absorción de las paredes de superficie  $S_i$ )

El temario de esta primera parte finaliza con el estudio de la interacción del sonido con una superficie, es decir, la absorción del sonido. Cuando una onda incidente llega a la frontera plana de separación de dos medios, da lugar a una onda reflejada y otra transmitida. Se definen los coeficientes de reflexión y de transmisión en intensidad en función de las impedancias de los dos medios.

Para transmisión entre dos medios a través de una capa, siempre que el espesor de la capa sea pequeño, y suponiendo que el medio 1 y el medio 2 es el mismo, se cumple la ley de masas:

$$\text{Eq. (nº4)} \quad T_1 = \left( \frac{2Z_1}{K_2 L Z_2} \right)^2.$$

Siendo  $Z_1$  la impedancia del aire,  $Z_2$  la de la capa (material), L el espesor de la capa y  $K_2 = w/c = 2\pi f/c$ .

Observando esta ecuación, se llega a la conclusión de que el coeficiente de transmisión es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda sonora y al espesor de la capa que atraviesa.

Por otro lado, para el estudio la onda reflejada, se estudia el concepto de la disipación de la onda sonora, cuyas causas pueden dividirse en dos categorías:

- Pérdidas en el medio (debidas fundamentalmente a efectos viscosos):

Para una onda plana:  $P(x) = p_o e^{-\alpha x}$

Donde  $x$  es la distancia recorrida y  $\alpha$  el coeficiente de absorción del medio, que se expresa en Neper por metro (Np/m). El coeficiente de absorción no es igual para todas las frecuencias, las altas frecuencias se absorben más que las frecuencias bajas.

- Perdidas en la frontera:

Dependen del coeficiente de absorción de la frontera ( $\alpha$ ), definido como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente. Se expresa como:

$\alpha = 1 - R_1$  Donde  $R_1$  es el coeficiente de reflexión e intensidad y depende de las impedancias.

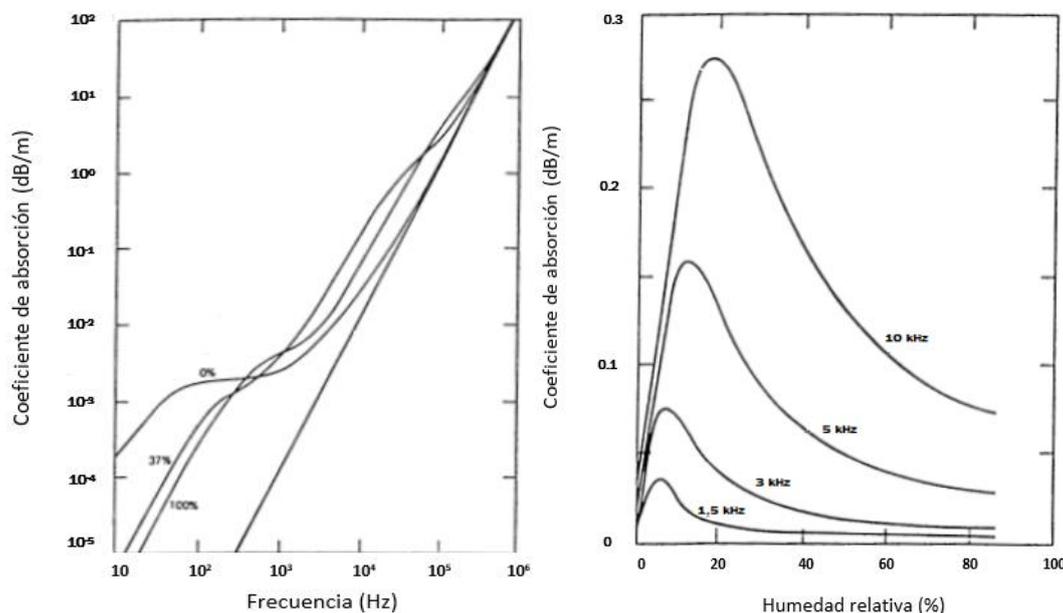


Ilustración 7. Gráficas coeficiente de absorción, humedades relativas y frecuencia. Universidad de Valladolid. Departamento de Física Aplicada. Extraído de: <https://campusvirtual.uva.es/>

El coeficiente de absorción depende de las humedades relativas y de la frecuencia. Las imágenes siguientes corresponden a las gráficas disponibles para obtener el coeficiente de absorción. Se puede ver cómo en días secos se absorbe mucho más que en días húmedos. Y también cómo las frecuencias altas se absorben más que las bajas.

De manera más práctica, se estudia el concepto de mapas de ruido. La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental estableció la siguiente definición de mapa estratégico de ruido: “mapa diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona” Y establece que en ellos se deben recoger al menos los siguientes puntos:

- El rebasamiento de cualquier valor límite vigente.
- El número de personas afectadas en una zona específica.
- El número de viviendas expuestas a determinados valores de ruido en una zona específica.

En la siguiente ilustración se observan los tipos de mapas ruido según la directiva 2002/49/CE:

<b>Tipos y unidades de mapas estratégicos de ruido</b>	
<b>Aglomeración</b>	La porción de un territorio, delimitado por el Estado Miembro, con más de 100.000 habitantes y con una densidad de población tal que se considera como una zona urbanizada. Pueden abarcar un municipio, una parte de un municipio o varios municipios.
<b>Gran eje viario</b>	Cualquier carretera regional, nacional o internacional, con un tráfico superior a tres millones de vehículos por año.
<b>Gran eje ferroviario</b>	Cualquier vía férrea con un tráfico superior a 30.000 trenes por año.
<b>Gran aeropuerto</b>	Cualquier aeropuerto civil, con más de 50.000 movimientos por año (siendo movimientos tanto los despegues como los aterrizajes), con exclusión de los que se efectúen únicamente a efectos de formación en aeronaves ligeras.

*Ilustración 8. Tipos y unidades de mapas estratégicos de ruido. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo.*

Los mapas estratégicos de ruido son elaborados por las administraciones competentes en la materia, por lo que se organiza de la siguiente manera:

- Aglomeraciones: Ayuntamiento o Comunidad Autónoma.
- Grandes ejes viarios:
  - Red de carreteras del Estado: Ministerio de Fomento. (Actualmente, Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana)
  - Red autonómica y local: Comunidades Autónomas y Diputaciones
- Grandes ejes ferroviarios:
  - Red estatal: Ministerio de Fomento.
  - Red autonómica: Comunidades Autónomas.
- Grandes aeropuertos: Ministerio de Fomento.



Cada administración competente elabora y aprueba sus mapas estratégicos de ruido, y los envía al Ministerio para la Transición Ecológica para su recopilación y comunicación de información pertinente a la Comisión Europea. Los mapas de ruidos se revisarán, y en caso necesario se modificarán, al menos cada 5 años desde la fecha de su elaboración.

Los métodos de elaboración son diversos, pueden usarse métodos experimentales, predictivos o híbridos. Durante la asignatura, los alumnos deben escoger una zona de conflicto de tráfico de su ciudad, y realizar un estudio a través de la representación, mediante el simulador CADNA, del mapa de ruido de la zona escogida.

Tras esta práctica los estudiantes deben comprender el concepto de mapas de ruido y aprender la utilidad de estos. Posteriormente, se estudian los planes de acción, las medidas encaminadas a afrontar las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, así como los defectos encontrados gracias al estudio y desarrollo de los mapas de ruidos.

### **1.7.2. RUIDO INDUSTRIAL**

La segunda parte de la asignatura corresponde al análisis de la Gestión del Ruido Industrial, siendo fundamental destacar la importancia del estudio del ruido y las vibraciones. La pérdida de la audición inducida por el ruido es una de las lesiones laborales más comunes y el segundo trastorno ocupacional más reportado. Aunque todos los trabajos pueden estar señalados por perder audición a causa del ruido, existen estudios que afirman que las actividades con mayor número de afectados son las relacionadas con la agricultura, la minería, la construcción, la manufacturación, algunos servicios públicos, el transporte y la defensa militar. Además, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) cita la pérdida de la audición como uno de los 21 temas prioritarios de investigación en este siglo (NIOSH, N.º 2001-103).

La mayoría de las veces la pérdida auditiva en los trabajadores ocurre de manera gradual, no percatándose en este proceso, de que están sufriendo esta degeneración sensorial. La manera más eficaz de evitar la pérdida de audición inducida por el ruido laboral es la eliminación del ruido peligroso mediante controles de ingeniería. El principal inconveniente es que en ocasiones estos controles pueden conllevar un exceso de costes económicos que, al incrementar los gastos de la actividad, repercuten negativamente en los deseados beneficios a obtener.

Es importante comprender que los conceptos de ruido y vibraciones están estrechamente relacionados, al formar parte el primero de la energía vibratoria que se produce en una estructura, derivada de la transformación variable de la presión del aire. Unos ciertos niveles de ruido y vibraciones siempre son un efecto secundario de cualquier proceso dinámico de actividad.

Las medidas de ruido, para determinar si están dentro de los umbrales aceptables, se pueden llevar a cabo mediante su comparación con los estándares aceptados internacionalmente, y que se presentarán a lo largo de la asignatura.

El estudio y localización del foco responsable cuando existen niveles de ruido o vibraciones excesivos, supone el análisis siempre de tres factores:

- Fuente: Dónde se generan las fuerzas dinámicas.
- Canal: Cómo se transmite la energía.
- Receptor: Cuánto ruido/vibraciones puede tolerar.

Cualquiera de estos tres factores por sí solos, o interactuando entre varios de ellos, puede ser el elemento a modificar para corregir el exceso de ruido o vibración.

El temario de esta segunda parte de la asignatura continúa profundizando en el estudio de las vibraciones mecánicas, comprendiendo este concepto como aquel movimiento oscilatorio alrededor de la posición de equilibrio. Es decir, son el resultado de la existencia de fuerzas dinámicas en las máquinas que presentan partes móviles y en las estructuras conectadas a ellas. En la mayoría de las ocasiones el causante de los problemas de ruido son los daños o fatiga producidos en las piezas/máquinas hasta que finalmente se rompen. Cabe destacar que, a veces, las vibraciones se generan intencionadamente como parte del proceso de actividad.

El sistema responde ante una fuerza de entrada con un cierto movimiento cuya intensidad dependerá de la movilidad del propio sistema. Si se conocen estas variables se puede calcular la vibración esperada del sistema. En los laboratorios normalmente se conoce la fuerza y la vibración y hay que obtener la respuesta del sistema. Las vibraciones se miden para:

- Verificar que sus frecuencias y amplitudes no exceden los límites del material.
- Evitar las resonancias en ciertas partes de la máquina.
- Amortiguar o aislar fuentes de vibración.
- Mantenimiento preventivo de máquinas.
- Construir o verificar modelos vibratorios de estructuras o sistemas.

Las vibraciones se pueden producir en los tres ejes del espacio (X, Y y Z) y se caracterizan por su intensidad o amplitud, y por su frecuencia. Por ello, para la medida de vibraciones es necesario medir estos parámetros:

**Intensidad:** se pueden medir en forma de aceleración ( $m/s^2$ ), velocidad ( $m/s$ ) o desplazamiento ( $m$ ), pero, el parámetro más útil es la aceleración eficaz o rms (root mean square = valor cuadrático medio). El valor eficaz está relacionado con la energía de la vibración y por lo tanto con su capacidad de hacer daño.

**Frecuencia:** número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en hertzios (Hz) o ciclos/segundo. Atendiendo a la frecuencia, las vibraciones se clasifican:

- Vibraciones de muy baja frecuencia (<1Hz)
- Vibraciones de baja y media frecuencia (entre 1 y decenas de Hz)
- Vibraciones de alta frecuencia (hasta 1000Hz)

Después de comprender el concepto de vibraciones, el siguiente contenido de la asignatura consiste en analizar los pasos a seguir para realizar un control del ruido o vibraciones. Estos pasos se pueden esquematizar de la siguiente manera:

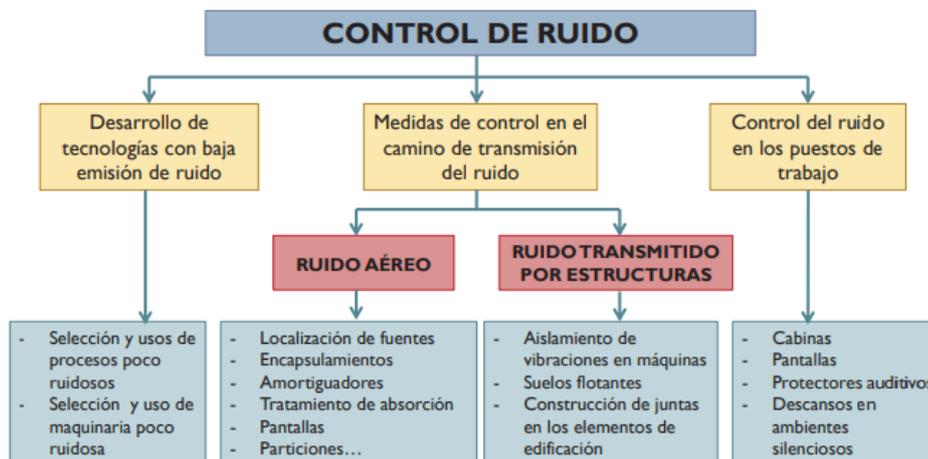


Ilustración 9. Control de Ruido Industrial. Universidad de Valladolid. Departamento de Física Aplicada. Extraído de: <https://campusvirtual.uva.es/>

Hay que señalar que el control de ruido industrial debe realizarse tanto con carácter preventivo, como cuando se presenta un problema. Por ello se deben protocolizar estos controles de forma habitual, al ser utilizadas las máquinas, al efectuarse las correspondientes auditorias, al estudiar planteamientos de posibles mejoras, etc.

El control de ruido industrial se debe llevar a cabo siguiendo las siguientes etapas:

**ETAPA INICIAL:** Corresponde a la definición del problema, la medida y análisis de datos y la identificación de las fuentes. Hay tres componentes: emisor o fuente, camino y receptor.

El control del ruido industrial comienza con las medidas de control en la fuente. Suele ser la solución más eficaz, pero tiene como inconveniente que debe realizarse en la fase de diseño del equipo ya que una vez construida las soluciones son costosas y muchas veces impracticables. Los posibles problemas que se pueden encontrar son los relacionados con irradiación, golpes o impactos, flujo de gases o rozamientos y desajustes en la máquina.

Para realizar las medidas de control en el camino hay que diferenciar dos caminos de transmisión, vía estructural cuando se trata de transmisión de las vibraciones y vía aerodinámica cuando se refiere a la transmisión de ruido. Las posibles soluciones son la utilización de cerramientos o encapotamientos, y/o acondicionamiento acústico con materiales absorbentes, silenciadores y aislamiento de las vibraciones.

Finalmente, las medidas en el receptor tienen el objetivo de disminuir el nivel de molestia que percibe el receptor, las soluciones son el uso de cabinas acústicas, equipos de protección individual (EPI) como tapones, auriculares, orejeras o cascos, o protectores activos que incorporan un sistema electrónico que detecta el ruido en el exterior y genera un ruido en su interior que, por interferencia destructiva, cancela el ruido exterior.

En esta parte de la materia los alumnos estudian y discuten un caso práctico, el diseño de máquinas más silenciosas. Se pretende que, empleando los conocimientos obtenidos hasta el momento, los alumnos planteen las posibles soluciones ante diferentes problemas de ruido.

Los pasos a seguir hacen que se pueda abordar los problemas desde diferentes puntos de vistas:

- Propagación vía área: La propagación del sonido a bajas frecuencias se comporta prácticamente como omnidireccional lo que hace que las barreras analizadas anteriormente, no sean un buen método para aislar el ruido en este caso, por el contrario, el sonido a altas frecuencias se refleja en las superficies con facilidad lo que hace que las barreras sean un buen método para aislar el ruido.

A veces, si la fuente está muy próxima, se intenta modificar su frecuencia de comportamiento hacia bajas frecuencias para crear menos molestia. Por el contrario, si la fuente se encuentra alejada, se intenta corregir su frecuencia de comportamiento hacia altas frecuencias.

- Fuente de ruido por impactos: antes de abordar las posibles soluciones es esencial, que los estudiantes conozcan el concepto de frecuencia dominante del ruido, esta depende de la velocidad de cambio de la fuerza, de la presión y de la velocidad, por ello cuanto mayor son estos cambios, mayor es nivel de ruido. Un cambio rápido en un tiempo corto es más ruidoso que un cambio gradual en más tiempo.

- Propagación vía estructural: las vibraciones en estructuras pesadas, viajan hasta muy lejos, ya que el material presenta poco amortiguamiento interno. Hay que aislar la estructura de la fuente de vibraciones lo más cerca posible a la fuente.

En este punto del estudio se plantean cuestiones como las siguientes:

- Al conectar un sistema vibrante a una placa ¿el nivel de ruido es mayor o menor?. El nivel de ruido es mayor debido a su gran eficiencia de radiación.
- Al usar grandes paneles ¿es preferible que sean continuos o discontinuos?. Es preferible que sean discontinuos o perforados, que presenten menos superficie para radiar el sonido.



Colocar el sistema vibrante sobre soportes antivibratorios puede ser una solución para evitar la propagación vía estructural. Es importante destacar, que muchas veces no hay una única solución para un mismo problema, por eso en esta parte de la asignatura el objetivo principal es que los alumnos utilicen los conocimientos que han obtenido para plantear posibles cambios y poder discutir entre todas las opciones la mejor solución existente.

- **Aislamiento de tabiques:** cuando el sonido incide sobre un tabique, éste vibra y se produce radiación al otro lado. Si la onda sonora incidente tiene una frecuencia similar a la de estos modos, se produce una resonancia, a esta frecuencia se le denomina frecuencia de coincidencia, es decir, el tabiqué, no aísla. Este comportamiento sólo desaparece si se tiene un amortiguamiento grande.
- **Ruido en conductos:** Para evitar los problemas de ruido en conductos los alumnos estudian las siguientes soluciones:
  - El uso de silenciadores reactivos, ya que son efectivos para atenuar el ruido a bajas frecuencias en un rango de frecuencia limitado.
  - Las cámaras de expansión, sobretodo en presencia de pulsos de presión continuos. Si el tono no es puro, se pueden crear varios ramales.
  - Para evitar turbulencias o burbujas ocasionadas por cambios bruscos de sección o de presión se usan difusores que transforman en un cambio de sección progresivo que minimiza el fenómeno.

Estos conocimientos serán muy útiles a la hora de resolver la dinámica que se desarrolla en el presente Trabajo de Fin de Grado. Los alumnos necesitarán tener constancia de los pasos a seguir en el control de ruido industrial, así como todos los diferentes puntos que se deben tratar para resolver un problema de ruido industrial.

**SEGUNDA ETAPA:** Se corresponde con el establecimiento de los límites de niveles de ruido aceptables y los requisitos legales a cumplir. Para desarrollar esta segunda etapa del proceso de control de ruido industrial se debe tener siempre presente la normativa legal vigente en la zona donde se ubica el sistema.

Los alumnos se encuentran en esta fase con la obligación de estudiar e interpretar la legislación que establece los requisitos a seguir para realizar un control completo, debiendo determinar el modo de aplicar estos preceptos legales en una industria, en una fábrica, etc.

Por ello, el objetivo principal de esta parte de la asignatura es que los alumnos adquieran la destreza necesaria para utilizar esas normativas y legislaciones relacionadas con el control de ruido industrial, por ello, se tratan con detalle los siguientes puntos:

LEGISLACIÓN: se definen tres grandes bloques:

- El primero relativo al mundo del trabajo establece la reglamentación sobre máquinas, equipos de trabajo y protección de los trabajadores frente al ruido y vibraciones.
- El segundo bloque corresponde a la edificación.
- El último establece la legislación ambiental.

En esta parte de la asignatura se desarrolla principalmente el primer bloque relativo al mundo del trabajo.

Respecto a la reglamentación sobre máquinas tienen especial importancia las normas que se muestran a continuación:

**R.D. 212/2002**, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre. Los objetivos de este Real Decreto son los siguientes.

- Limita los valores de emisión de un tipo específico de máquinas (Maquinaria al aire libre).
- Exige que los fabricantes o importadores de dichos equipos certifiquen que se han respetado los límites establecidos.
- Establece que la información sobre el ruido emitido en la máquina sea mediante una etiqueta informativa.

**R.D. 1644/2008**, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Los objetivos principales de este Real Decreto son los siguientes:

- Establece los requisitos esenciales para que un conjunto sea considerado una máquina, elaborando la siguiente definición sobre el concepto de máquina, “conjunto de partes o componentes vinculados entre sí, los cuales uno por lo menos es móvil, asociados para una aplicación determinada, destinado a estar provisto de un sistema de accionamiento distinto de la fuerza humana o animal.”
- Además, en el Artículo 16 establece las directrices del Mercado CE que se desarrollará más adelante en la asignatura.

Por otro lado, en cuanto al reglamento sobre equipos de trabajo son de interés para el estudio de la asignatura los siguientes documentos legales:

- **Ley 31/1995, de 8 de noviembre**, de Prevención de Riesgos Laborales, que determina el conjunto básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo. Según se establece en el artículo 6 de la Ley, serán las normas reglamentarias las que deban ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas y establecer las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada

protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición a las vibraciones mecánicas y al ruido durante el trabajo. Igualmente se encuentran entre estas normas, que necesitan de desarrollo reglamentario, las destinadas a garantizar la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo, para que no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

En esta ley se establece la definición de equipo de trabajo, entendiendo como tal a cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo. Además, establece que el empresario es el responsable de proporcionar a sus trabajadores los equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones.

**R.D. 1215/1997, de 16 de julio**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización, por parte de los trabajadores, de los equipos de trabajo. Mediante él se transpone al derecho nacional la Directiva 2009/104/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, del 16 de septiembre de 2009, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

En el articulado de este Real Decreto se encuentran las obligaciones generales del empresario, las medidas de comprobación de los equipos de trabajo, las obligaciones en materia de formación e información de los trabajadores y los representantes de los trabajadores, etc.

De interés especial son las definiciones expuestas en su artículo 2:

- a. *Equipo de trabajo: cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo.*
- b. *Utilización de un equipo de trabajo: cualquier actividad referida a un equipo de trabajo, tal como la puesta en marcha o la detención, el empleo, el transporte, la reparación, la transformación, el mantenimiento y la conservación, incluida, en particular, la limpieza.*
- c. *Zona peligrosa: cualquier zona situada en el interior o alrededor de un equipo de trabajo en la que la presencia de un trabajador expuesto entrañe un riesgo para su seguridad o para su salud.*
- d. *Trabajador expuesto: cualquier trabajador que se encuentre total o parcialmente en una zona peligrosa.*
- e. *Operador del equipo: el trabajador encargado de la utilización de un equipo de trabajo.*

Finalmente, se estudia la materia relacionada con la protección de los trabajadores frente a ruido y vibraciones, que se regula con detalle en los siguientes documentos legales:

- **R.D. 286/2006, de 10 de marzo**, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Traspone, en su disposición, al derecho interno español, la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de fecha 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). En él se tratan los siguientes aspectos de especial interés:
  - a. *Establece una serie de disposiciones mínimas que tienen como objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición.*
  - b. *Regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la exposición al ruido se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible.*
  - c. *Determina los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, especificando las circunstancias y condiciones en que podrá utilizarse el nivel de exposición semanal en lugar del nivel de exposición diaria para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos.*
  - d. *Incluye disposiciones específicas relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
  - e. *Especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición.*

En el artículo 5 de este Real Decreto se establecen los valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción. En la siguiente tabla se presenta un resumen de estos datos, que los alumnos tendrán que saber aplicar a sus casos prácticos:

Actuaciones a realizar	Nivel de ruido		
	Valores inf. dan lugar a acción $L_{aeq,d} > 80\text{dBA}$ $L_{pico} > 135\text{dBC}$	Valores sup. dan lugar a acción $L_{aeq,d} > 85\text{BA}$ $L_{pico} > 137\text{dBC}$	Valores límite de exposición $L_{aeq,d} > 87\text{dBA}$ $L_{pico} > 140\text{dBC}$
Información y formación	Sí	Sí	Sí
Suministro protección auditiva	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Utilización protección auditiva	Optativo	Obligatorio	Obligatorio
Evaluación de los puestos de trabajo	No periodicidad	No periodicidad	No periodicidad
Evaluación periódica exposición al ruido	Trienal	Anual	Anual
Vigilancia de la salud	No periodicidad	No periodicidad	No periodicidad
Vigilancia médica función auditiva (audiometrías)	Quinquenal	Trienal	--
Registro y archivo de datos de la evaluación	Sí	Sí	Sí
Señalización de los lugares con riesgo y limitación de acceso a los mismos	--	Sí	Obligatorio
Elaborar y ejecutar un programa de medidas técnicas u organizativas	--	Sí	Sí

Ilustración 10. Valores límite de exposición, actuaciones a realizar vs niveles límite. R.D. 286/2006 (Art.5)

- **R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre**, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados, o que puedan derivarse, de la exposición a vibraciones mecánicas. Este Real Decreto transpone al derecho español la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).  
En su exposición de motivos este Real Decreto señala que “*se determina en su articulado el objeto y el ámbito de aplicación referido a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo*”. Además, trata los siguientes aspectos de interés:
  - a. *Incluye lo que, a los efectos del Real Decreto, debe entenderse por vibración transmitida al sistema mano-brazo y vibración transmitida al cuerpo entero.*
  - b. *Especifica los valores límite de exposición diaria y los valores de exposición diaria que dan lugar a una acción, tanto para la vibración transmitida al sistema mano-brazo como para la vibración transmitida al cuerpo entero.*
  - c. *Prevé diversas especificaciones relativas a la determinación y evaluación de los riesgos.*
  - d. *Regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible.*

Hay que destacar que en el artículo 3 de este Real Decreto se establecen los siguientes valores límites de exposición de los trabajadores:

<b>Vibración transmita al sistema mano-brazo:</b>
<b>El valor límite de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas se fija en <math>5\text{m/s}^2</math>.</b>
<b>El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en <math>2,5\text{m/s}^2</math>.</b>
<b>Vibración transmita al cuerpo entero</b>
<b>El valor límite de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas se fija en <math>1,15\text{m/s}^2</math>.</b>
<b>El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en <math>0,5\text{m/s}^2</math>.</b>

Ilustración 11. Valores límite de exposición de los trabajadores. Art. 3. R. D. 1311/2005

**NORMATIVA:** En esta parte de la asignatura se recoge el proceso de elaboración de la normativa ISO, y se estudia en detalle la normativa de máquinas, en cuanto a ruido y vibraciones, así como la normativa de exposición de los trabajadores a ruido y vibraciones. Los estudiantes, tras adquirir estos conocimientos, saben identificar la normativa ISO a la que dirigirse para obtener los datos que precisen.

El, ya citado, **R.D. 1644/2008** trata los requisitos mínimos de seguridad que han de cumplir todo tipo de máquinas y deja a las Normas Europeas (EN) especificar cómo han de cumplirse tales requisitos. Para estudiar la normativa de máquinas en cuanto a ruido se establece la siguiente clasificación previa:

- Normas para la determinación de potencia y presión acústica. (Normas B. Tipo 1)
- Métodos estadísticos para la declaración, determinación y verificación del ruido. (Normas B. Tipo 2)
- Prácticas recomendadas para el diseño de maquinaria con bajo nivel de ruido. (Normas B. Tipo 3)
- Códigos de ensayo de ruido (Normas C. Tipo 1): son Normas que cubren una familia o subfamilia de máquinas y dan toda la información precisa para llevar a cabo eficazmente la determinación, declaración y verificación de las características de emisión acústica de las máquinas. El propósito de los códigos de ensayo de ruido es que los datos de emisión de ruido, para una familia de máquinas, sean compatibles.
- Normas de seguridad en máquinas. (Normas C. Tipo 2): La Norma Europea EN-292/1: Seguridad en máquinas, define Normas C (Normas de seguridad en máquinas) al conjunto de Normas que dan detalladas prescripciones de Seguridad para una máquina o familia de máquinas.  
Las Normas C (Tipo 2), contendrán dos tipos de prescripciones sobre ruido:
  - a) Prescripciones obligatorias
    - i. Reducción de ruido en la etapa de diseño.
    - ii. Declaración y verificación de la emisión de ruido.
    - iii. Manual de instrucciones
  - b) Prescripciones opcionales: Para facilitar la comparación de la emisión de ruido de las máquinas de una familia.



En la siguiente tabla se recoge el listado de normas ISO referidas al ruido de las máquinas con las que el alumno debe familiarizarse durante el desarrollo de la asignatura. Además, se encuentran las normas que van a ser necesarias para resolver la dinámica de escape que se desarrolla en esta memoria:

DESCRIPCIÓN	ISO
<b>Normas B. Tipo I</b>	
Guías para la determinación de la potencia acústica	3740/80
Determinación potencia cámara reverberante. Gr. I. Fuentes banda ancha	3741/99
Determinación potencia cámara reverberante. Gr. I. Fuentes con componentes totales	3742/88
Determinación potencia. Gr. 2. Fuentes móviles y pequeñas	3743/1
Determinación potencia cámara especial reverberante. Gr. 2	3743/2:96
Determinación potencia con fuente de referencia. Gr. 3	3747/00
Determinación potencia mediante intensidad. Gr.1, 2 y 3. Parte 1: mediante puntos discretos	9614/1:95
Guías para la medida presión acústica puesto operador	11200:95
Medida presión acústica puesto operador. Gr.2	11201:95
Medida presión acústica puesto operador. Gr.3	11202:95
Medida presión acústica puesto operador a partir de la potencia acústica	11203:95
Medida presión acústica puesto operador. Gr2 y 3, con correcciones ambientales	11204:95
<b>Normas B. Tipo 2</b>	
Métodos estadísticos para la declaración, determinación y verificación del ruido. Parte I. Generalidades	7574-1/85
Métodos estadísticos para la declaración, determinación y verificación del ruido. Parte II. Valores establecidos para máquinas individuales	7574-2/85
Métodos estadísticos para la declaración, determinación y verificación del ruido. Parte III. Valores establecidos para lotes de máquinas (método simple)	7574-3/85

Métodos estadísticos para la declaración, determinación y verificación del ruido. Parte IV. Valores establecidos para lotes de máquinas	2774-4/85
<b>Normas B. Tipo 3</b>	
Práctica recomendada para el diseño de maquinaria con bajo nivel de ruido. Parte I: Planificación	TR 11688-1/95
Práctica recomendada para el diseño de maquinaria con bajo nivel de ruido. Parte II: Introducción a la física del diseño con bajo nivel de ruido	TR 11688/2:98
Colección sistemática y comparación de datos de emisión de ruido para máquinas	11689/96
Práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido. Parte I: Estrategias control ruido	11690/1:96
Práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido. Parte III: Propagación del sonido y predicción de ruido en lugares de trabajo	TR 11690/3:97
<b>Normas C. Tipo 1</b>	
Códigos de ensayo de ruido específicos para maquinaria de madera	7960
Códigos de ensayo de ruido específicos para máquinas herramienta	230-Partes 1/96,2/97,3/01,4/96
Códigos de ensayo de ruido específicos para máquinas fabricación de productos, procesado y manipulado de alimentos.	DIN 45635
Máquinas textiles	9902- Partes 1,2,3,4,5,6/2001

Ilustración 12. Normas ISO referidas al ruido de las máquinas

Por otro lado, en cuanto a la normativa de vibraciones en máquinas se definen las siguientes normas actuales:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ISO</b>
Vibración mecánica en máquinas no alternativas. Medidas en ejes rotativos.	ISO 7919
Vibración mecánica. Evaluación de la vibración en una máquina mediante medidas en partes no rotativas.	ISO 10816
Ventiladores industriales. Especificaciones para equilibrar calidad y niveles de vibración.	ISO 14694

Ilustración 13. Normas ISO referidas a la vibración en máquinas

Finalmente, para la implementación del R.D. 286/2006, ya comentado, se precisan una serie de normas relacionadas con la exposición del ser humano a ruido y vibraciones:

- Normativa de exposición de los trabajadores a ruido:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ISO</b>
<b>Normas sobre instrumentos de medida</b>	
Sonómetros	(CEI)-651
Sonómetros integradores	(CEI)-804/2000
Dosímetros	(CEI)-DRAF 29C
Calibradores acústicos	(CEI)-942/97 y 2000
Frecuencias preferentes para medidas acústicas	266/97
<b>Normas sobre evaluación del ruido</b>	
Guía para la medida y evaluación del ruido en el lugar de trabajo	9612
<b>Normas sobre audiometrías y audiómetros</b>	
Audiometría tonal por vía aérea	6189/83
Cero normal de referencia para calibración de audiómetros de tonos puros por conducción aérea	389-Partes 1,2,3,4,5 y 7
Cero normal de referencia para calibración de audiómetros de tonos puros por conducción ósea	389-3/94
Audiómetros	(CEI)-645/92,93,94
Umbral normal de audición por conducción aérea en función de la edad y del sexo	7029/2000
Niveles de referencia para ruido enmascarado de banda estrecha	389-4/94
<b>Normas sobre estimación de la pérdida auditiva inducida por el ruido</b>	
Estimación de pérdidas auditivas inducidas por ruido	1999/90
<b>Normas sobre protectores auditivos</b>	
Medida atenuación. Parte 1: Método subjetivo para la medida de la atenuación sonora	4869-1/90
Medida atenuación. Parte 2: Estimación de la reducción de ruido cuando se llevan protectores auditivos	4869-2/94
Medida atenuación. Parte 3: Medida pérdidas inserción orejeras con fines inspección de calidad	4869-3/89
Medida atenuación. Parte 4: Medida del nivel de precisión sonora efectiva auriculares	4869-4/98

Ilustración 14. Normas ISO referidas a la exposición de los trabajadores al ruido

- Normativa de exposición de los trabajadores a vibraciones: se estudia el modelo vibratorio del cuerpo humano a través de un modelo discreto, de su estudio se puede evaluar las frecuencias de resonancia de cada parte. Además, para completar los contenidos de esta parte se analizan las siguientes normativas ISO:

DESCRIPCIÓN	ISO
Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de exposición humana a vibraciones transmitidas por la mano.	ISO 5349
Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero.	ISO 2631-1

*Ilustración 15. Normas ISO referidas a la exposición de los trabajadores a vibraciones.*

Esta última parte de la asignatura finaliza con el estudio del concepto de dosis de ruido, que es la cantidad de energía sonora que un trabajador puede recibir durante la jornada laboral. Este concepto está definido por el porcentaje mostrado en la siguiente ecuación:

$$\text{Eq. (n°5) Dosis(\%)} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Donde Ci corresponde al tiempo que el trabajador está expuesto a un determinado nivel sonoro continuo equivalente del ruido y Ti define la duración máxima permitida de exposición a dicho nivel de ruido.

Observando la fórmula, se afirma que el potencial de daño a la audición de un ruido depende tanto de su nivel como de su duración.

Además, se estudia un índice denominado Nivel Sonoro Diario Equivalente utilizado para la valoración de la exposición al ruido que figura en el RD 286/2006 que está definido por la siguiente ecuación:

$$\text{Eq. (n°6) } L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

En esta ocasión, T corresponde a la duración diaria de la exposición y  $L_{Aeq,T}$  es el nivel de presión sonora equivalente en un periodo de tiempo T medido en dBA.

Existen dos procedimientos para la obtención de la exposición diaria al ruido, por medición de la dosis de ruido, es decir, a través de la medida directa con dosímetros, y a partir de la medición de niveles sonoros equivalentes, es decir a través de medidas indirectas.

Tras el estudio de la parte de la asignatura relacionada con el ruido industrial, los alumnos deben realizar un trabajo de investigación, para ampliar sus conocimientos. Este trabajo consiste en analizar las nuevas tendencias relacionadas con un artículo de investigación o material comercial relacionado con el Control de Ruido y Vibraciones.



Finalmente, se completa la parte de Gestión de Ruido Industrial tratando los aspectos de instrumentación para la medida de ruido y vibraciones, mostrando la importancia de realizar mediciones, y los problemas que pueden presentarse al realizarlas.

Además, se presentan los efectos del ruido y las vibraciones en las personas, tratando los factores de riesgo y las posibles consecuencias.

Analizando de manera global los contenidos de la asignatura, tanto de la parte ambiental como de la industrial, hay que destacar los siguientes puntos de especial interés pedagógico que el alumno debe dominar y manejar con soltura estos al final el curso:

- Concepto de mapas de ruido y comprender la utilidad de estos.
- Normativa Ambiental, Ordenanza Municipal Ayuntamiento del Valladolid.
- Comprender los conceptos de ruido y vibraciones, así como sus efectos en los trabajadores.
- Etapas del proceso del control de ruido industrial.
- Manejo de normativas y legislaciones relacionadas con el control del ruido industrial con destreza.

Los tres últimos puntos anteriores, constituyen el objetivo pedagógico de la dinámica de escape. A través de retos y pruebas relacionadas se pretende profundizar y aclarar los aspectos prácticos más importantes de estos puntos. Con el objetivo final, de ofrecer al alumno una actividad que abarque de manera completa los puntos de especial interés de la asignatura, centrándonos en la última parte relacionada con el ruido industrial y buscando en todo momento la motivación y atención de los estudiantes.





# CAPÍTULO 2: DINÁMICA DE ESCAPE APLICADA A LA ASIGNATURA DE GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y DE LA INDUSTRIA



## 2.1. INTRODUCCIÓN

Tras analizar los beneficios del uso de las técnicas de gamificación, se va a desarrollar una propuesta didáctica que, como se ha mencionado anteriormente, consiste en una actividad de escape. Los alumnos se enfrentarán a un problema acústico real, que se presenta a continuación, y tendrán que conseguir resolver las pruebas para lograr superar la dinámica.

En este capítulo, se llevará a cabo la explicación concreta, para llevar a cabo la actividad de escape, con el fin de mostrar todos los pasos seguidos hasta su implementación final.

Se tendrán en cuenta los aspectos definidos en el primer capítulo del presente trabajo, así como, los factores didácticos tratados y los pasos marcados para el diseño de una Escape Room Educativa.

## 2.2. OBJETIVOS

Para llevar a cabo la elección de las pruebas que forman el escape room se han estudiado previamente las unidades didácticas que componen la asignatura, con el objetivo principal de insistir sobre el dominio de unos determinados conceptos, además de profundizar en su práctica en entornos casi reales.

En primer lugar, hay que destacar que la dinámica que se pretende llevar a cabo, no ha de proporcionar un estado de ansiedad ni estrés, por el contrario, ha de motivar al alumno. Por ello la intención no es una evaluación, la cual influya negativamente o dependa la nota de la asignatura de ello. Es muy importante, dejar claros estos aspectos previamente al desarrollo de la actividad, para que los propios alumnos disfruten y consigan sacar el máximo partido a la experiencia.

Por otro lado, los objetivos pedagógicos deben estar claros antes de comenzar a diseñar la dinámica. En este caso nos interesa que los alumnos, al realizar la actividad, refuercen los siguientes conocimientos:

- Conceptos de ruido y vibraciones y sus efectos en los trabajadores.
- Etapas del control industrial, este aspecto constituye la parte central de la dinámica. El objetivo principal es que los alumnos al enfrentarse al problema planteado sepan los pasos que deben seguir para identificarlo, analizarlo y tratar de encontrar posibles soluciones.
- Manejo de normativas y legislaciones con destreza, hay que destacar que no se busca que los alumnos sepan el contenido completo de dichas normativas, sino que el propósito es que conozcan a donde se debe acudir para encontrar una información determinada.

Finalmente, se intentará responder a las preguntas planteadas en la parte inicial del presente Trabajo de Fin de Grado con el propósito final de evaluar si el uso de la gamificación en la educación mejora el proceso de la enseñanza y el aprendizaje en los alumnos.

### 2.3. TEMPORIZACIÓN

Este punto del diseño del escape room se centra en definir el tiempo y el espacio idóneo para desarrollar la dinámica de manera fluida.

En primer lugar, para que la actividad sea completa y enriquecedora, los participantes tienen que tener una serie de conocimientos previos sobre los temas que se tratarán en esta. Por lo que, es conveniente que esta sesión se realice tras haber dado en clase los temas de control de ruido industrial y vibraciones, correspondiente a la segunda parte de la asignatura, que se desarrolló en el primer capítulo del presente trabajo.

Actividades	Duración (Semanas)																								
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
	X	J	X	J	L	X	J	L	X	J	L	X	J	X	J	X	J	X	J	X	J	X	J	X	J
Presentación Ruido Ambiental	T																								
I.El ruido como contaminante	T																								
II.Antecedentes	T																								
III. El sonido como onda sonora		T	T																						
IV. Medida del sonido		T	T																						
V. Análisis de frecuencias				T																					
VI. Tiempo de reverberación				T																					
VII. Fuentes sonoras				T																					
Práctica 1. Laboratorio				L																					
VIII. Iteración del sonido con una superficie					T	T																			
IX. Mapas de ruido					T																				
X. Planes de acción					T	T																			
Práctica 2. Laboratorio							L																		
XI. Gestión del Ruido Ambiental								T	T																
Charla sobre la Ordenanza Municipal										L															
Mapa de ruido (CADNA) y explicación de trabajo											T	T													
Presentación Ruido Industrial												T													
I. Introducción												T													
II. Vibraciones mecánicas													T												
III. Control de ruido y vibraciones														T	T	T									
IV. Aplicaciones al diseño de máquinas más silenciosas																T	T								
Ejemplos de problemas: máquinas más silenciosas																T	T								
V. Declaración del ruido																	T	T							
VI. Dosis de ruido																	T	T							
Presentación de la Actividad de Escape Romm																					L	L			
Escape Room educativo																					L	L			
Explicación del trabajo de Innovación del Ruido																							T		
VII. Instrumentación para la medida del ruido																							T		
Presentaciones de trabajos																								T	T

Ilustración 16. Cronograma temporal de la asignatura.

En la ilustración anterior, podemos observar un cronograma temporal de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria. Se puede observar las dos partes de la asignatura analizadas en el primer capítulo del presente trabajo, diferenciadas por colores y organizadas por semanas. Finalmente, podemos concluir que la actividad de escape está ubicada en la semana diez correspondiente al segundo cuatrimestre del curso académico. Después de explicar los conocimientos de control de ruido industrial en las semanas anteriores.



Tras analizar las posibilidades existentes en cuando a espacio, se ha considerado que el lugar más idóneo para desarrollar la dinámica es el laboratorio de Física de la Escuela de Ingeniería Industriales, en el campus ubicado en Paseo del Cauce, 59. Es un espacio con suficiente amplitud para realizar la dinámica, lo que permite que puedan interactuar distintos grupos de alumnos al mismo tiempo y con distinto ritmo de ejecución.

El laboratorio de Física de la Escuela, además de ser un espacio suficientemente amplio, tiene una estructura interna favorable para realizar actividades de este tipo, ya que, está constituido por una sala central seguida de pequeñas salas, lo que permite poder ubicar las pruebas en diferentes entornos y facilita la ambientación de la sesión.

Por otro lado, los alumnos ya conocen este espacio, lo que es una ventaja al evitar distracciones y permitirá enfocar la actividad de manera correcta desde el inicio.

## 2.4. PARTICIPANTES

La dinámica está pensada para los alumnos que cursen la asignatura de Gestión de Ruido Ambiental y de la Industria. Se trata de una asignatura optativa del cuarto curso de Ingeniería en Organización Industrial.

Normalmente el número de alumnos que se matriculan en esta asignatura es aproximadamente de quince. Este dato es variable dependiendo del año y del curso académico en el que nos ubiquemos, por lo que habrá que ajustar el número de participantes dependiendo de los alumnos matriculados cada año.

Es recomendable realizar grupos para fomentar el trabajo en equipo y utilizar todas las ventajas que nos ofrece esta actividad. Por ello, habrá que dividir a los alumnos matriculados en subgrupos de trabajo. Lo idóneo es que el número de miembros por grupo no supere los cuatro, de esta forma se reducen las distracciones y la actividad se podrá desarrollar de manera precisa.

## 2.5. VARIABLES A TRABAJAR

- Diferentes estilos de aprendizaje.
- Motivación y atención de los alumnos durante toda la sesión.
- Experimentar la sensación de logro.
- Desarrollar el pensamiento deductivo con la ayuda de los conocimientos explicados en las clases teóricas.
- Comunicación entre los integrantes del grupo.

## 2.6. DISEÑO PRÁCTICO

Según la clasificación de Nicholson (2015), nuestro escape room tendrá un esquema lineal/secuencial, es decir, cada prueba solucionada les dará una pista de la siguiente prueba hasta llegar a la solución final.

Hay que destacar, que, debido a la aplicación escogida para desarrollar la actividad, que se comentará a continuación, los alumnos dispondrán de todas las pruebas desde el inicio. Como se vio en la parte teórica del presente trabajo, esto no es lo habitual en un escape room lineal. Por ello, será el propio docente quien se encargue de vigilar que los grupos no pasen a la siguiente prueba sin superar la anterior.

Esto facilitará el desarrollo de la dinámica, de manera que podremos evitar que los alumnos se queden atascados o vayan por el camino que no deben, pudiendo controlar en todo momento en qué parte del desarrollo de la actividad se encuentran. Además, se podrá dar alguna pista estratégica para ubicar la actividad y facilitar la resolución de la dinámica de escape.

### 2.6.1. ANTES DEL INICIO DE LA ACTIVIDAD

Es necesario señalar una serie de indicaciones previas a los participantes para asegurarnos de que la actividad se desarrolla de manera adecuada.

En primer lugar, se explicará a los alumnos el objetivo de la dinámica y las reglas a seguir, centrándonos en dejar claros los siguientes aspectos:

- Los alumnos deben leer atentamente y de forma grupal cada enigma o pista.
- No está permitido la comunicación entre los diferentes equipos de trabajo, durante toda la dinámica. Aunque se separe a los diferentes grupos desde el inicio y se cuente con un lugar amplio para desarrollar la actividad, si en algún momento coinciden dos equipos en un mismo punto y espacio, estará prohibida la comunicación.
- Antes de iniciar la actividad también se destacará la importancia de seguir el orden secuencial de las pistas, aunque se disponga de todas las pruebas desde el inicio, se dejará claro que no se puede avanzar sin superar la prueba anterior. Para asegurar que todos los equipos cumplen con esta condición, cada equipo escogerá a un miembro del grupo, el cual será el encargado de avisar al jefe de sala cuando vayan superando cada enigma. El docente lo anotará en su ficha con el fin de tener constancia en todo momento del punto en que se encuentra cada grupo durante toda la actividad.
- Además, se debe hacer hincapié en los beneficios de mantener un ambiente de participación, colaboración y consenso durante toda la dinámica, para conseguir superarla de manera satisfactoria.
- Se les explicará la tecnología que van a utilizar con el fin de que los participantes estén familiarizados con el entorno de trabajo.
- Finalmente, se les concretará el valor académico de esta prueba en la asignatura, es decir, la puntuación que tendrá y de qué manera afectará a la calificación final. Es importante dejar claro este aspecto, haciendo hincapié

en que no se valorará, el resultado final, sino la actitud y el interés de los alumnos durante la actividad.

## 2.6.2. SELECCIÓN DEL CASO PRÁCTICO

La idea inicial era contar con la colaboración de una empresa de acústica que pudiese facilitarnos los datos reales sobre un problema acústico concreto. Debido a la privacidad de datos y la confidencialidad, hemos optado finalmente por escoger un caso práctico de la plataforma Acoucou (Acoustic Courseware). Dentro de la gran variedad de cursos que ofrece esta, hemos escogido un ejercicio de Acoustic Course for Industry.

ACI es una introducción visual a la acústica industrial que incluye, el ruido en el medio ambiente y la industria, el impacto del ruido en la salud humana y la gestión del ruido. Es un curso gratuito que ofrece una visión de la acústica industrial. Además, permite comprender el impacto del ruido en la salud humana y el medio ambiente en general.

Este sitio web es una fuente de conocimiento tanto para estudiantes como para especialistas cualificados, pero también es una herramienta moderna para profesores y formadores, ya que dispone de gran cantidad de material, con numerosos casos reales de problemas industriales, ofreciendo una visión práctica y completa.

A continuación, se presenta el caso escogido para desarrollar la dinámica:

Se ha elegido un problema de acústica en una fábrica, la cual está compuesta por un molino de plástico situado sobre una superficie rígida y una estación de trabajo.

Durante la jornada laboral, el trabajador que maneja dicha estación realiza tres actividades básicas, para las cuales se puede determinar su durabilidad y lugar de trabajo:

Actividad	Carga	Recolección	Transporte	Descanso de los empleados
Duración según jornada laboral (min)	360	30	60	30
Lugar de trabajo	Alimentador en la plataforma	Rampa	Área que rodea al molino en la sala	Fuera de la habitación

*Ilustración 17. Tabla de las actividades particulares de la estación de trabajo*

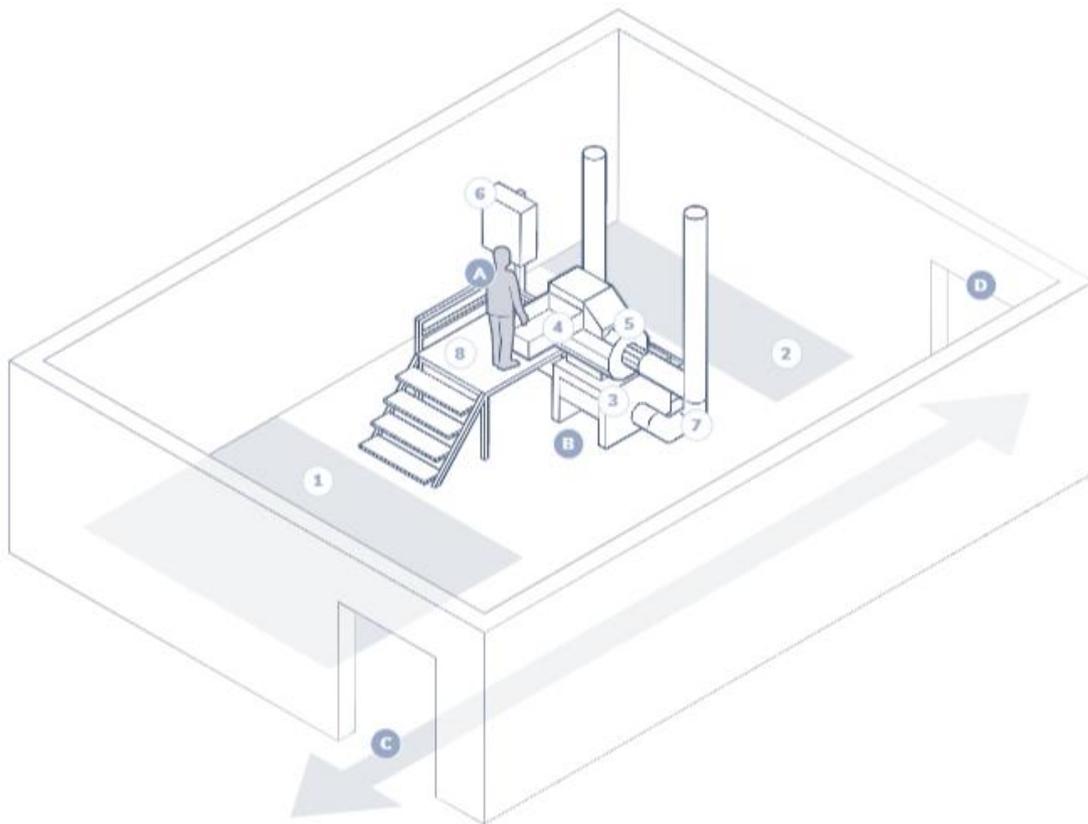
En primer lugar, se ha sometido a la empresa a un análisis del ambiente acústico, con el método de medición de acuerdo con la norma ISO 9612. Al determinar dicha metodología, se consideró la división del tiempo de trabajo de acuerdo con las actividades y la durabilidad de cada una de ellas y se observó un nivel de exposición de sonido que excede los límites permitidos.

Posteriormente se contactó con una empresa de acústica para conseguir solucionar la situación acústica. Empezaron determinando las causas de la exposición acústica identificando las diferentes fuentes de ruido de la sala.

Se señalaron como fuentes de ruido las siguientes:

- El molino durante el proceso de molienda, diferenciando dos tipos de fuente:
  - El ruido tecnológico durante el proceso de molienda.
  - El ruido mientras el molino trabaja en la recolección y transporte de los materiales, es decir el resto de ruidos distintos del de molienda.
- El sistema de recogida de polvo.
- El ruido que ingresa en la habitación de otras fuentes de ruido, es decir, el ruido de fondo.

En la siguiente imagen, podemos observar el aspecto físico de la estación de trabajo:



<b>A</b>	<b>Alimentador en la plataforma</b>	<b>5. Almacenamiento de bloque de molienda</b>	<b>9. Molino</b>
<b>B</b>	<b>Rampa</b>	<b>6. Almacenamiento de contenedores</b>	<b>10. Caja de control</b>
<b>C</b>	<b>Ruta de transporte</b>	<b>7. Tolva para contenedores</b>	<b>11. Tubo colector</b>
<b>D</b>	<b>Habitación</b>	<b>8. Alimentador</b>	<b>12. Plataforma</b>

Ilustración 18. Estación de trabajo

Con el fin de identificar el impacto de las fuentes de ruido particulares, se realizaron mediciones adicionales del nivel de ruido que ocurre en las ubicaciones particulares de las actividades de cada una de las fuentes por separado. Sobre esta fuente, se estableció un rango de fuentes de ruido.

Por ello, con el fin de realizar un análisis detallado de la fuente principal de ruido se midieron los estímulos según la exposición diaria al ruido y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

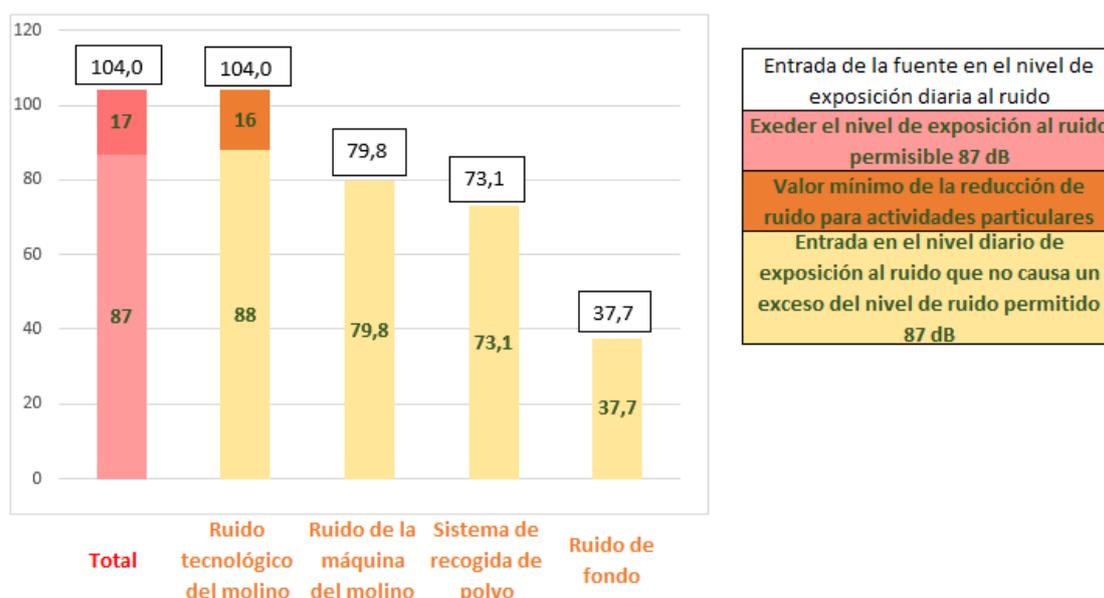


Ilustración 19. Rango de los estímulos de ruido según la exposición diaria al ruido.

Observando el gráfico anterior, se puede ver cómo el ruido del molino cuando trabaja en inactivo (cuando el molino no está moliendo plásticos y sólo gira a velocidad nominal) es mucho más bajo que el ruido emitido por el molino durante el molido de los plásticos, llamado ruido tecnológico. El ruido tecnológico depende del tipo, de material molido y de su posición en el compartimento del molido.

Tras analizar la exposición de cada fuente se consiguió llegar a las siguientes conclusiones:

- La principal fuente de ruido es el ruido tecnológico relacionado con la molienda de los plásticos.
- El impacto del ruido de la instalación de recolección de polvo se declaró prácticamente insignificante al observarse que la exposición es menor a 73dB.
- Además, se identificó el impacto del nivel de ruido de fondo también como insignificante, debido a que la exposición de esta fuente de ruido no superó los 38 dB.

Tras identificar la fuente principal de ruido, se realizó la evaluación del impacto del entorno acústico, es decir, la evaluación de la situación. Analizando la estación de trabajo descrita:

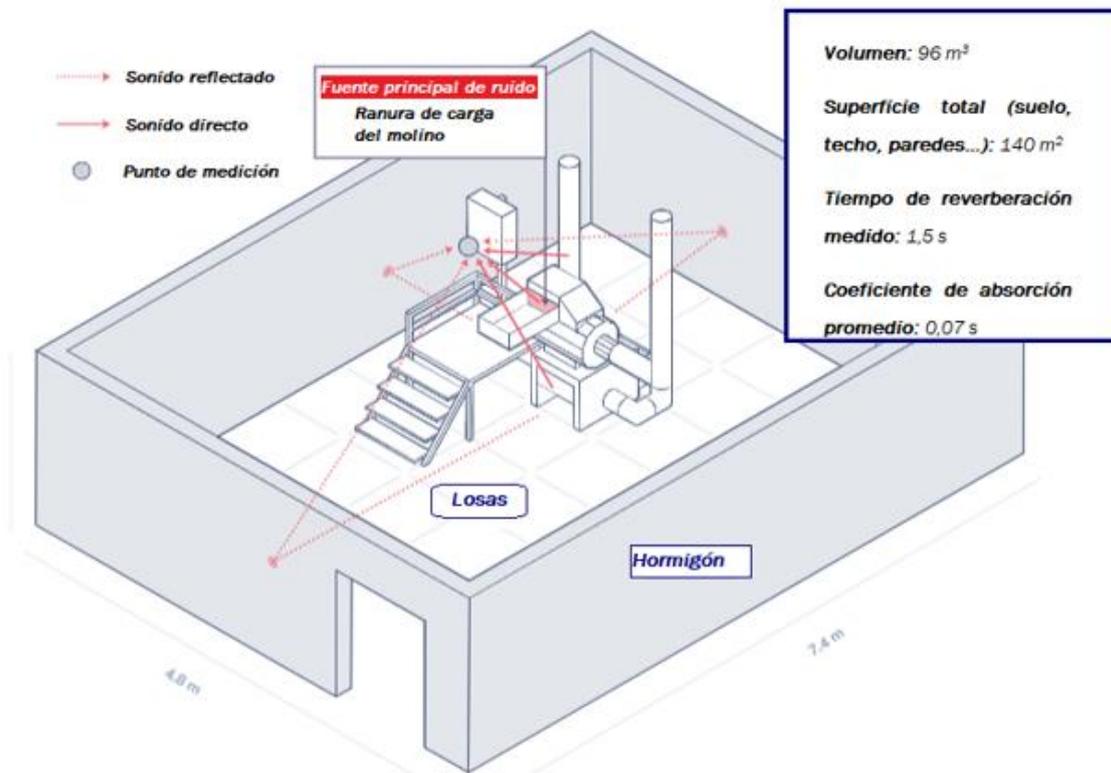


Ilustración 20. Impacto en la sala resultante del nivel de ruido de la estación de trabajo

Se pudo observar que el nivel de ruido de la estación de trabajo del operador es el resultado del impacto del ruido de molienda generado directamente por la ranura de carga del molino y el ruido reflejado por las superficies que limitan la sala.

La reducción mínima requerida para conseguir que el entorno acústico cumpla con los límites establecidos en las normativas, determinó que el nivel de ruido de la estación de trabajo durante la carga del molino es muy alto, y conseguir reducir esta cifra a través de la aplicación de medidas técnicas en la máquina es muy difícil.

Finalmente, para desarrollar la estrategia se realizó la evaluación de la sala utilizando el método de estimación, calculando el factor de corrección ambiental local  $K_3$ , descrito en la norma ISO 11202, sobre la base de los parámetros acústicos primarios del interior. En dicha norma se define este concepto como la corrección aplicada a los niveles de presión sonora medidos en el puesto de trabajo para tener en cuenta la influencia del sonido reflejado. Se expresa en decibelios y en el caso de ponderación A, se simboliza como  $K_{3A}$ .

Además, en la norma mencionada se indica que existen dos métodos para determinar la corrección local medioambiental. La elección del método depende del tipo de radiación sonora de la fuente. En esta situación el factor de corrección,  $K_{3A}$ ,

resultante para el punto de vista localizado en el lugar de la actividad de carga fue 5.4 dB.

Finalmente, las estrategias de reducción de ruido que se presentaron a la empresa fueron las siguientes:

#### Estrategia Organizativa:

- Eliminación del proceso que causa el ruido, mediante cambios tecnológicos. Esta primera opción fue rechazada por la empresa debido al coste que supone el cambio del proceso.
- Automatización del proceso. Esta opción también fue rechazada por la empresa ya que la automatización del proceso para el molino haría complejo el control del proceso.

#### Estrategia Técnica:

- Adaptación acústica de la sala, ya que se encontró una potencial reducción de ruido demasiado pequeña en relación con lo requerido.
- Recinto acústico para el molino junto con el aislamiento de las vibraciones.
- La última estrategia propuesta consiste en la combinación de las anteriores, es decir, el recubrimiento acústico para el molino junto con el aislamiento de las vibraciones combinada con la adaptación acústica de la sala.

Tras estas propuestas, la opción escogida por la empresa fue la adaptación acústica como una solución de respaldo si la realización del encapsulado o recinto acústico con la apertura no resultara eficaz.

La solución fue diseñada para reducir el nivel diario de exposición al ruido en la estación de trabajo por debajo de los 80 dB, con el fin de proporcionar el menor riesgo ocupacional y eliminar la necesidad de usar equipos de protección acústica. El diseño de la solución fue el siguiente:

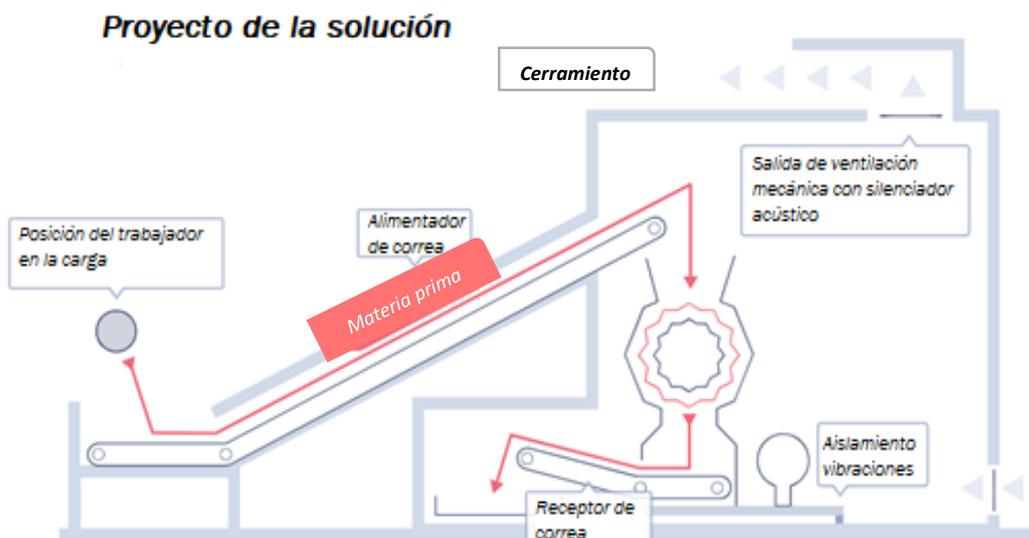


Ilustración 21. Proyecto de la solución. ACI.

A continuación, a través del curso proporcionado por ACI se puede acceder a la descripción de la solución de reducción de ruido aplicada, donde se observan los elementos de la solución acústica que se llevó a cabo para resolver el problema acústico en la sala industrial descrita:

- Aislamiento de las vibraciones a través de la colocación de la plataforma sobre vibroaisladores, ya que previamente la máquina se encontraba montada sobre una plataforma rígida.
- Cambio del método de alimentación de la materia prima para el proceso de molienda y recolección. Se diseñó una cinta transportadora dentro del cerramiento acústico, cuyo interior está lleno de material absorbente de sonido.
- Implementación del gabinete completo de la máquina, incluyendo paneles acústicos, puertas de servicio dobles, ventana de vidrio de seguridad y colocación del encapsulado acústico sobre pies de goma.
- Por último, se desarrolló el sistema de ventilación mecánica oportuna dentro del recinto.

En las siguientes ilustraciones podemos observar el resultado de la aplicación de las soluciones descritas en la sala industrial en estudio:

### Instalación del alimentador de correa y el receptor

- 1 Nuevo puesto del trabajador
- 2 Lugar de la carga de bloques
- 3 Alimentador de cinta de los bloques de plástico. El alimentador está montado dentro del recinto acústico.
- 4 Cinturón receptor de pellets del molino
- 5 Contenedor de pellets

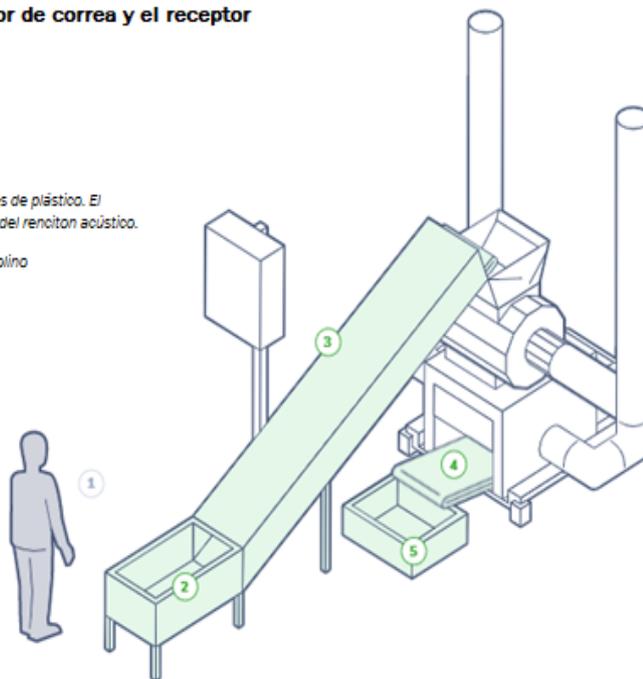


Ilustración 22. Instalación de alimentador de correa y el receptor. Soluciones descritas.

### Instalación del encapsulado acústico

- ① Recinto acústico del molino
- ② Recinto acústico del contenedor de pellets
- ③ Doble puerta para el mantenimiento del molino
- ④ Ventana
- ⑤ Silenciador acústico de la ventilación del recinto
- ⑥ Sistema de ventilación mecánica del recinto con silenciador acústico

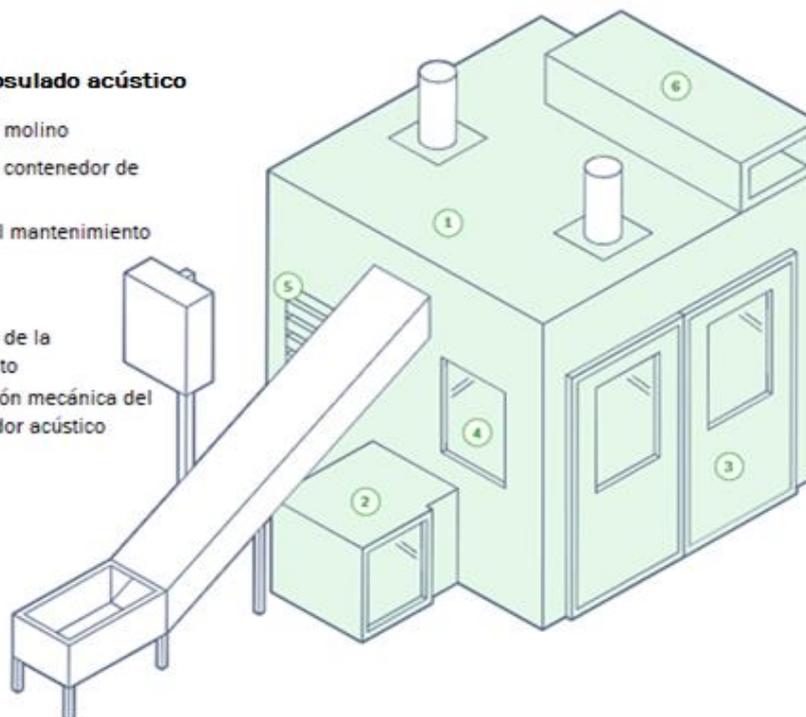


Ilustración 23. Instalación del encapsulado acústico. Soluciones descritas.

Finalmente, para evaluar la efectividad de las soluciones diseñadas y aplicadas, se realizaron mediciones de nivel de ruido en la estación de trabajo. Las mediciones se llevaron a cabo de manera muy similar a la situación inicial.

Como resultado de la implementación de la solución presentada, el nivel diario de exposición al ruido fue reducido de 104 dB a 76,3 dB, consiguiendo que no se supere el ruido permitido y evaluando ahora el riesgo laboral relacionado con la exposición sonora al ruido como pequeño.

Tras estas conclusiones, en la sala industrial descrita no es obligatorio el uso de protectores auditivos ya que el ruido de exposición sonora de la fábrica se redujo en 27,8 dB.

En definitiva, el objetivo de la dinámica es plantear a los alumnos el problema acústico descrito. La actividad está constituida por pruebas y retos que irán encaminado a los participantes a encontrar las soluciones descritas para resolver la situación y conseguir el nivel diario de exposición al ruido.

El haber optado por este supuesto práctico proporcionado por ACI, nos ha parecido acertado para elaborar la dinámica de escape, ya que, nos permite recorrer todas las etapas del control del ruido industrial y ofrece a los alumnos una visión práctica y real de cómo solventar un problema relacionado con el ruido industrial.

### 2.6.3. TECNOLOGÍA UTILIZADA

En el primer capítulo de esta memoria del Trabajo de Fin de Grado hemos analizado la importancia del uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza. Por ello, durante el proceso de diseño de la dinámica, se ha optado por utilizar diferentes aplicaciones y programas originales para mantener al alumno interesado y expectante en todo momento.

Todos los equipos de trabajo deben disponer de un ordenador con acceso a Internet para poder realizar la actividad. Además, dispondrán de un cronómetro con el fin de que los miembros del grupo sepan el tiempo restante que les queda para resolver la actividad.

Existen numerosas plataformas que permiten diseñar un escape room educativo. En este caso se ha optado por emplear la herramienta web Flippity.net. Se trata de una aplicación web de gran valor didáctico, que propone una manera fácil de convertir hojas de cálculo de Google en diversas actividades, juegos, pasatiempos y tarjetas de aprendizaje o flashcards. Flippity es una utilidad web gratuita, que ni siquiera necesita registro, y permite que cualquiera pueda crear fácilmente estos pasatiempos.

Cada actividad presenta una demo de su funcionamiento, un listado de instrucciones y una plantilla que solo tenemos que modificar para crear un juego o pasatiempo. Además, permite combinar las diferentes actividades creando dinámicas educativas muy enriquecedoras.

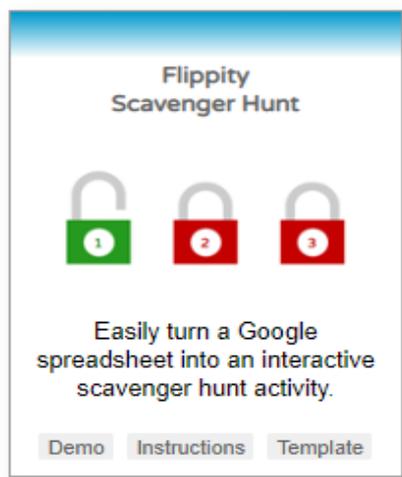


Ilustración 24. Escape Room a través de Flippity.net

Para conseguir crear la dinámica, que se quiere desarrollar, hay que modificar la plantilla a través de un libro de Google y posteriormente publicarlo en la web. Al publicarlo la herramienta web Flippity.net recrea la actividad escogida y de esta manera, permite crear numerosos juegos didácticos útiles en el proceso educativo.

En nuestro caso escogimos como alternativa a la clase magistral realizar un escape room. A continuación, comentaremos los pasos a seguir para elaborar esta actividad a través de la herramienta web indicada.

Hay que señalar que la plantilla cuenta con tres hojas de Google:

En la siguiente ilustración, podemos ver la primera hoja o “Demo”, en este espacio se diseña la actividad. Se pueden observar tres columnas diferentes:

- La primera columna, ‘Clues’ corresponde al enunciado de la prueba que se quiere diseñar.
- ‘Hint’ se refiere a la pista que se quiere facilitar para resolver la prueba y finalmente la última columna.
- ‘Answer’ corresponde a la clave que abrirá el candado.

Clues	Hint	Answer
Antes de comenzar la actividad debéis visualizar el siguientes vídeo... ¡¡PRESTAD ATENCIÓN!!	[[ <a href="https://youtu.be/OFdWH0Sy8_4">https://youtu.be/OFdWH0Sy8_4</a> ]]Si estas dispuesto a	Sí
Pedro nos ha indicado que tiene un problema y nosotros sabemos que: _____ y _____ están estrechamente relacionados. _____ es parte de la energía vibratoria de una estructura transformada en variaciones de presión en el aire.	[[ <a href="https://youtu.be/vXNRxAIVs">https://youtu.be/vXNRxAIVs</a> ]]	Ruido vibraciones ruido
Para encontrar la clave baja la manivela tres posiciones: [[Image: <a href="https://i.ibb.co/pQD0K6w/Engranajes.jpg">https://i.ibb.co/pQD0K6w/Engranajes.jpg</a> ]]		142
En la etapa de control de ruido industrial se analizan los factores que estudian el ruido, es importante que sepas cuales son para poder continuar:	[[Image: <a href="https://2.bp.blogspot.com/-cuneRn03oLE/UEeKGhEjg_I/AAAAAAAAAJA/zx1sJ8odGAM/s1600/Comunicacion+1.jpg">https://2.bp.blogspot.com/-cuneRn03oLE/UEeKGhEjg_I/AAAAAAAAAJA/zx1sJ8odGAM/s1600/Comunicacion+1.jpg</a> ]]	Emisor Camino Receptor
Averigua la clave secreta: [[Image: <a href="https://i.ibb.co/1qJk3Nr/Camino.jpg">https://i.ibb.co/1qJk3Nr/Camino.jpg</a> ]]		079
El primer paso para detectar el problema de PlasticMill es identificar las fuentes. ¿Eres capaz de indicar, para la sala industrial descrita, las fuentes de ruido que se deben analizar?	[[Image: <a href="https://i.ibb.co/q9rHrhn/Lista.png">https://i.ibb.co/q9rHrhn/Lista.png</a> ]]	Molino durante el proceso de molienda, sistema de recogida de polvo, fondo acústico
La empresa de acústica le indicó a Pedro que los niveles	[[Link: <a href="https://ingenieriasacusticas.com/calcular">https://ingenieriasacusticas.com/calcular</a> ]]	**

Ilustración 25. Escape Room Demo

Cada fila corresponde a una actividad, se pueden desarrollar tantas pruebas como se considere oportuno. Además, hay que señalar que se puede insertar cualquier imagen, enlace a sitio web, vídeo, etc. En la dinámica diseñada en el presente Trabajo de Fin de Grado se ha optado por usar gran variedad de pruebas para motivar al alumno durante toda la actividad.

Por otro lado, la siguiente hoja de la plantilla, “Options”, muestras las posibles características que se pueden dar a la actividad, en este caso a la dinámica de escape:

Option	Setting
Case Sensitive	no
Sequential	no
Randomize	no
Start Text	Click on a lock to get started.
Hint Warning	Are you sure you want to show the hint for this clue?
Done Text	Done!
Email Address	
Name Prompt	Enter your name:
Email Confirmation	Your results have been emailed to your teacher.
Email Subject Line	Scavenger Hunt Results

Ilustración 26. Escape Room reglas

En esta hoja se asignan las reglas del Escape Room, en nuestro caso hemos escogido una dinámica lineal. Además, concreta los datos personales que se van a requerir a los participantes para desarrollar la actividad. De esta manera el docente puede ver los resultados de los alumnos a través del correo electrónico.

Por último, la tercera hoja de la plantilla “Get the Link” corresponde al enlace web de la dinámica creada, con la posibilidad de compartirlo o enviarlo de manera automática a los usuarios que se considere oportuno. Es importante señalar que para poder general el enlace de la actividad, previamente ésta tiene que estar publicada en el sitio web Flippity.net.

The link to your Flippity.net Scavenger Hunt:
<a href="https://www.flippity.net/sh.php?k=154L2LsKkPLiPguOzFZOi0LE4Rwyhnr1BcPlbnnqp0aQ">https://www.flippity.net/sh.php?k=154L2LsKkPLiPguOzFZOi0LE4Rwyhnr1BcPlbnnqp0aQ</a>
<i>Don't forget to publish your spreadsheet first.</i>
<i>If there is an error in cell A2, select it and press Ctrl + R (⌘ + R on a Mac) or copy the URL (address) of your spreadsheet from the address bar above and paste it into cell A8 below.</i>
<a href="#">See Troubleshooting for more help.</a>

Ilustración 27. Enlace dinámica de Escape

Con la idea de que el uso de las herramientas descritas no sean un inconveniente para el desarrollo de la actividad, los alumnos se familiarizaran con ellas a lo largo de la asignatura. Además, se pondrán a su disposición desde el principio los manuales correspondientes para que les sea de utilidad.

#### 2.6.4. PRUEBAS O RETOS

La dinámica está compuesta con un total de doce pruebas y una encuesta final de valoración de la actividad. El espacio de trabajo inicial con el que se encuentran los alumnos es el siguiente:

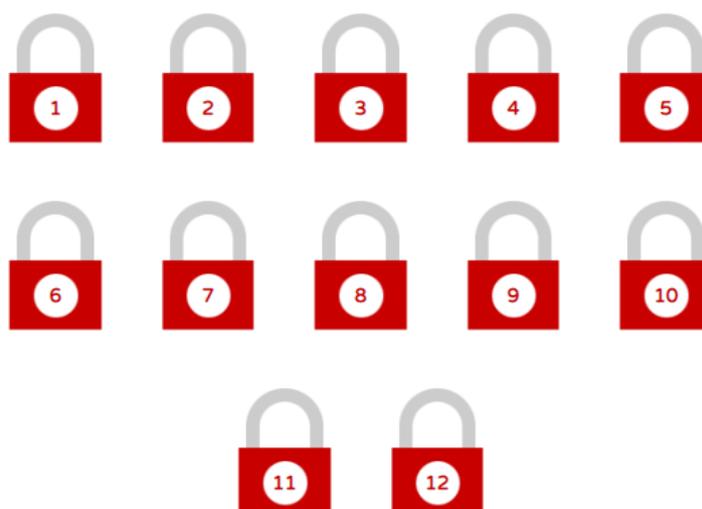


Ilustración 28. Candados Escape Room

Cada uno de los candados corresponde a una prueba o reto. Estos candados cambian de color, a verde, cuando los participantes van superando cada una de las pruebas.

A continuación, se detallada cada una de las pruebas que componen la dinámica de escape, así como su resolución:

### PRUEBA 1

La primera actividad corresponde a la narrativa del escape room, donde se les ofrece un vídeo diseñado a través de la aplicación Powtoon que les introduce en la dinámica.



Antes de comenzar la actividad debéis visualizar el siguientes vídeo... ¡¡PRESTAD ATENCIÓN!!



Si estas dispuesto a resolver el caso indica "si" en la siguiente casilla:

Ilustración 29. Prueba 1, Escape Room

El enlace al vídeo de la narrativa es el siguiente: [https://youtu.be/OFdWHOSy8\\_4](https://youtu.be/OFdWHOSy8_4)

Durante la narrativa se les explica las características de la empresa que van a utilizar para desarrollar la dinámica, así como una serie de datos correspondientes al análisis acústico que se ha desarrollado en la sala en estudio.

Tras la actividad se les facilita un resumen que contiene los aspectos más importantes tratados en el vídeo anterior. El propósito de este resumen es que los participantes puedan acceder de manera rápida y sencilla, a los datos tratados en el vídeo.

El resumen que se facilita a los alumnos sería el siguiente:

**Análisis del estado del entorno acústico:**

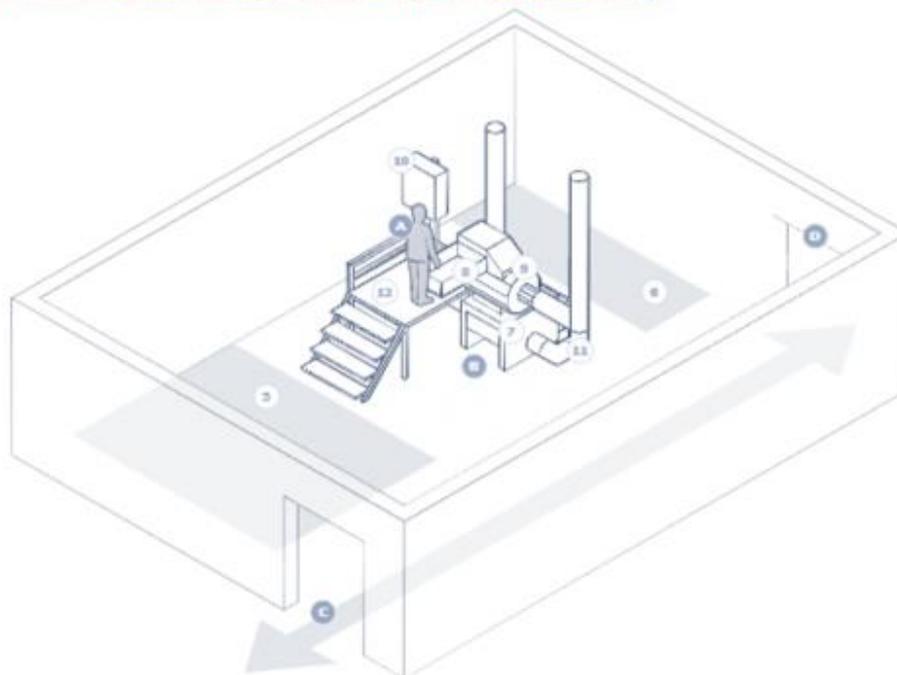
En la sala industrial descrita por Pedro hay un dispositivo (molino), y una estación de trabajo. Durante el día de trabajo, el trabajador que maneja el molino de plástico, realiza tres actividades básicas, para las cuales se puede determinar su duración. La evaluación del ruido ambiental se ha realizado con el método de medición de acuerdo con la norma ISO 9612.

Para realizar la medición, se ha considerado la división del tiempo de trabajo de acuerdo con las actividades, la duración de las actividades particulares. La situación desde el punto del análisis acústico no es complicada, principalmente debido a una sola fuente de ruido.

Tabla de resultados de la medición del nivel de ruido equivalente LAeqT para las actividades particulares:

Actividad	Carga	Recolección	Transporte	Descanso de los empleados
Duración según jornada laboral (min)	360	30	60	30
Nivel presión equivalente (dB)	105,2	89,3	85,7	<55

**La estación de trabajo descrita tiene el siguiente aspecto físico:**



<b>A</b> Alimentador en la plataforma	<b>5.</b> Almacenamiento de bloque de molienda	<b>9.</b> Molino
<b>B</b> Rampa	<b>6.</b> Almacenamiento de contenedores	<b>10.</b> Caja de control
<b>C</b> Ruta de transporte	<b>7.</b> Tolva para contenedores	<b>11.</b> Tubo colector
<b>D</b> Habitación	<b>8.</b> Alimentador	<b>12.</b> Plataforma

Ilustración 30. Resumen de la narrativa del Escape Room

Finalmente, para continuar con la dinámica deben contestar “sí” en la casilla de esta prueba, lo que les permite continuar con la actividad y da acceso a la siguiente prueba.

## PRUEBA 2

En el siguiente reto se introducen los conceptos de ruido y vibraciones. Los alumnos deben comprender que los conceptos de ruido y vibraciones están estrechamente relacionados, al formar parte el primero de la energía vibratoria que se produce en una estructura, derivada de la transformación variable de la presión del aire.

Para matizar estos conceptos se ha utilizado la técnica del párrafo con espacios con el objetivo de que los alumnos relacionen ambos conceptos para conseguir superar la prueba.



Pedro nos ha indicado que tiene un problema y nosotros sabemos que:\_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ están estrechamente relacionados. \_\_\_\_\_ es parte de la energía vibratoria de una estructura transformada en variaciones de presión en el aire.



Ilustración 31. Prueba 2, Escape Room

En esta prueba disponen de una pista opcional, a la cual pueden acceder cliqueando en la bombilla que se observa en la ilustración anterior. La pista consiste en un vídeo educativo que explica de manera detallada los conceptos que se quieren profundizar.

Para conseguir superar la prueba el párrafo debe completarse de la siguiente forma:

*“Pedro nos ha indicado que tiene un problema y nosotros sabemos que: Ruido y Vibraciones están estrechamente relacionados. Ruido es parte de la energía vibratoria de una estructura transformada en variaciones de presión en el aire.”*

### PRUEBA 3

La siguiente actividad consiste en un acertijo de engranajes, como podemos observar en la siguiente ilustración:



Ilustración 32. Prueba 3, Escape Room

El reto consiste en girar la manivela tres veces hacia abajo y descubrir la clave secreta que se esconde entre los códigos de la parte derecha de la ilustración. Para diseñar esta prueba se ha utilizado un libro de Iván Tapia, titulado “Escape book: El secreto del club Wanstein. 6ª Ed. Editorial Planeta. 2017”.

Finalmente, la clave secreta que esconde este acertijo, como se puede observar en la siguiente ilustración, es la cifra “142”:

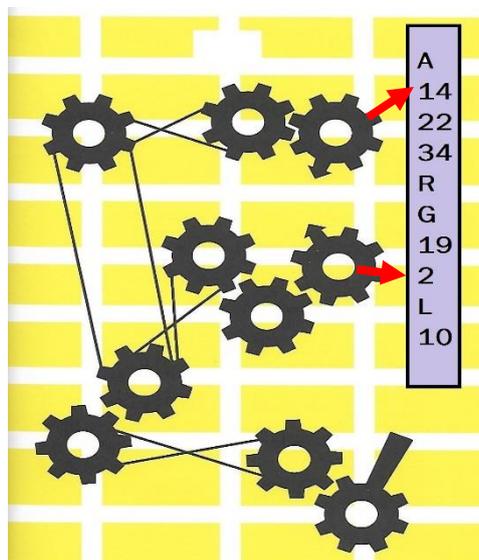


Ilustración 33. Solución prueba 3, engranajes

## PRUEBA 4

En esta prueba deben conocer los factores que estudian el ruido para poder continuar con la actividad:



En la etapa de control de ruido industrial se analizan los factores que estudian el ruido, es importante que sepas cuales son para poder continuar:



Ilustración 34. Prueba 4, Escape Room

Como pista en esta prueba, pinchando en la bombilla, disponen de la siguiente ilustración:

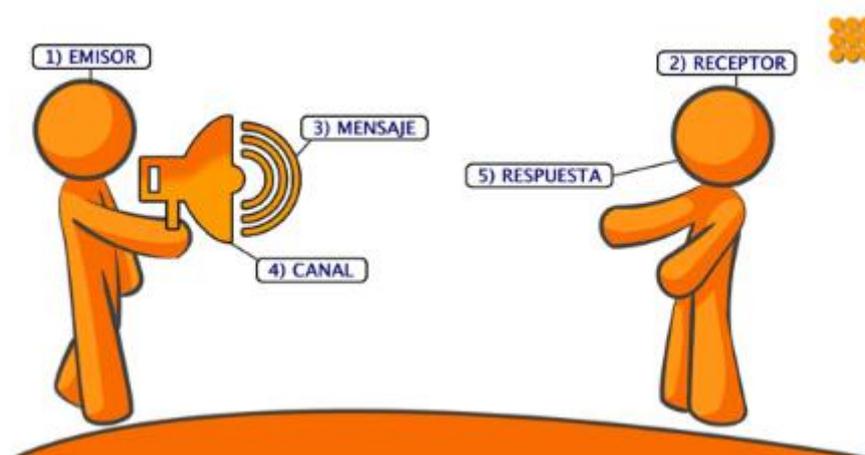


Ilustración 35. Pista prueba 4

La respuesta a esta pregunta es, “emisor canal y receptor”, que, relacionando la imagen que se les facilita como pista y la clave secreta de la actividad anterior, 142, se obtiene la respuesta correcta para este cuarto reto. Ya que las cifras de emisor, canal y receptor coinciden con la clave secreta.

### PRUEBA 5

El siguiente reto consiste en un acertijo con aspecto de camino o laberinto que facilita a los participantes una nueva clave secreta que será de utilidad en el resto de la dinámica. El aspecto de esta quinta prueba es el siguiente:



Ilustración 36. Prueba 5, Escape Room

Para conseguir superar la prueba los alumnos deben descubrir la secuencia correcta que les facilita la clave secreta. En la siguiente imagen se indica cual es el camino correcto, siguiendo la secuencia indicada en la primera parte de esta prueba. Además, podemos observar que la clave secreta que esconde este acertijo es “079”.

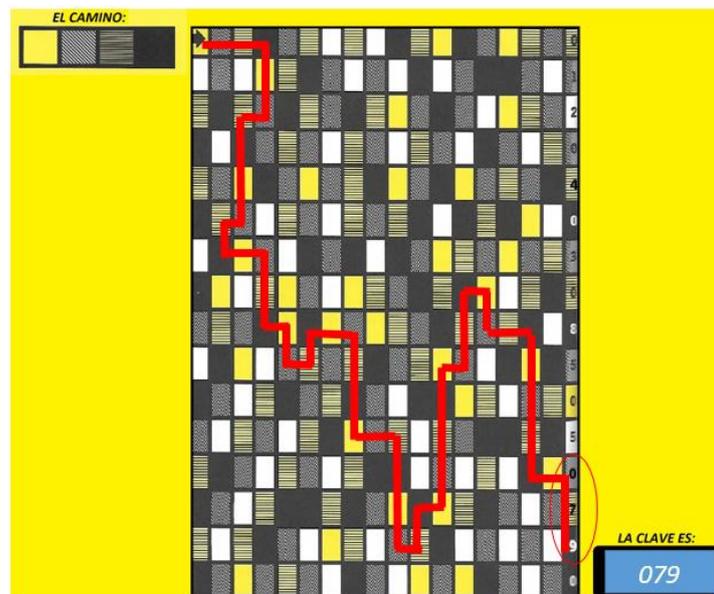


Ilustración 37. Solución prueba 5

## PRUEBA 6

El primer paso del control industrial debe ser detectar e identificar las diferentes fuentes de ruido, por lo que en esta prueba se les indica que señalen las fuentes de ruido para la estación de trabajo descrita.

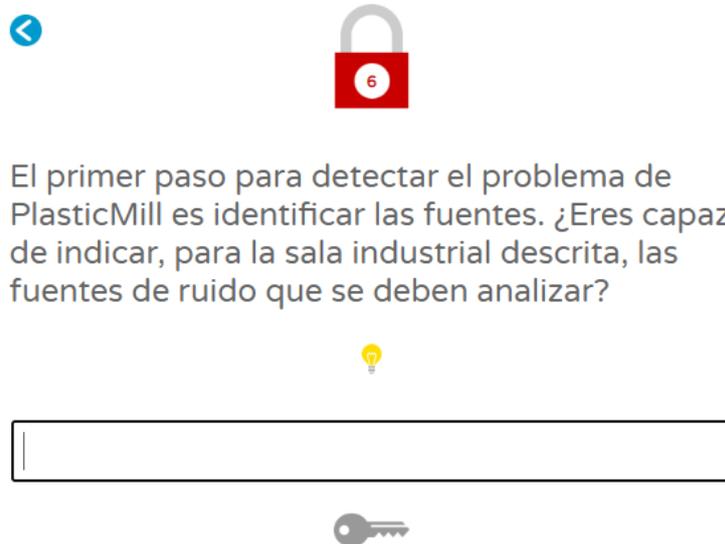


Ilustración 38. Prueba 6, Escape Room

Como pista los participantes disponen de la siguiente lista:

- 0. Molino durante el proceso de molienda**
- 1. Aparatos de radio y televisión**
- 2. Nivel de ruido en oficinas generales**
- 3. Limpieza de la estación de trabajo**
- 4. Carga/Descarga del material industrial**
- 5. Rozamiento y desajustes por desgaste de la máquina**
- 6. Tareas de remacho**
- 7. Sistema de recogida de polvo**
- 8. Ruido estructural**
- 9. Ruido de fondo**

Ilustración 39. Pista prueba 6

Relacionando esta actividad con la clave secreta anterior obtendrán la respuesta completa de esta actividad. Ya que las principales fuentes de ruido de la empresa son las correspondientes a los números “079”. Por lo tanto, las principales fuentes de ruido de la instalación son:

- 0. Molino durante el proceso de molienda.*
- 7. Sistema de recogida de polvo.*
- 9. Ruido de fondo.*

## PRUEBA 7

En este reto se les facilita la siguiente información:



La empresa de acústica le indicó a Pedro que los niveles de ruido eran excesivos. Es importante destacar que no sólo influye el nivel de ruido, sino también el tiempo. ¿Cuál es la dosis de ruido actual?

Actividad	Carga	Recolección	Transporte	Descanso de los empleados
Duración según jornada laboral (min)	360	30	60	30
Nivel presión equivalente (dB)	105,2	89,3	85,7	<55



Ilustración 40. Prueba 7, Escape Room

Para calcular la dosis de ruido disponen de los datos del nivel de presión equivalente y la duración según la jornada laboral, correspondientes a las diferentes actividades que se desarrollan en la estación de trabajo.

Al realizar esta actividad ya han visto en clase el tema correspondiente al cálculo de la dosis de ruido por lo que los alumnos deben conocer cómo se calcula este dato y qué significa.

Además, para conseguir superar la prueba disponen de una pista opcional, que consiste en un enlace a una web sobre Ingeniería del Sonido y Acústica, en la cual se detalla cómo calcular la dosis de exposición al ruido ocupacional.

### PRUEBA 8

La octava prueba de la dinámica consiste en un acertijo de tornillos, que esconde una clave, la cual deben adivinar para continuar con la dinámica. El aspecto de esta prueba es el siguiente:



Ilustración 41. Prueba 8, Escape Room

Además, como pista se les facilita la siguiente ilustración, con el objetivo de que los participantes se den cuenta de que la clave está compuesta por cuatro cifras:

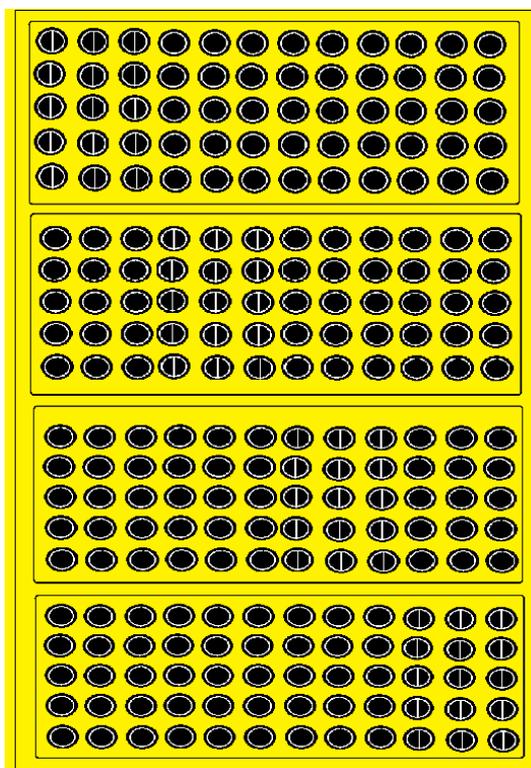


Ilustración 42. Pista prueba 8

Finalmente, en la siguiente ilustración podemos observar la clave que esconde este enigma, la cual será utilizada a lo largo de la actividad:

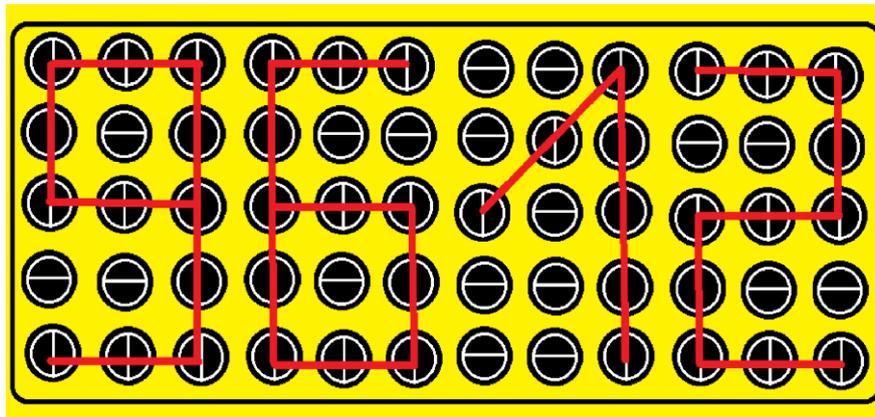


Ilustración 43. Solución prueba 8

### PRUEBA 9

El enunciado de esta prueba es el siguiente:




Con los datos anteriores, ¿Cuál es el nivel diario de exposición al ruido (LEX,8h)?

Actividad	Carga	Colección	Transporte	Descanso de los empleados
Duración según jornada laboral	360	30	60	30
Nivel presión equivalente (dB)	105,2	89,3	85,7	<55





Ilustración 44. Prueba 9, Escape Room

En la ilustración anterior podemos observar que se pide a los alumnos calcular el nivel de exposición diario al ruido. Además, se les facilita como pista una imagen del logo de las normativas españolas ISO. El objetivo es que los participantes relacionen esta pista con la clave de la prueba anterior. Ya que, de esta manera sabrán en qué normativa deben buscar para encontrar cómo se calcula el valor de LEX,8h. En este caso, deben acudir a la norma española UNE-EN ISO 9612:2009 sobre la determinación de la exposición al ruido en el trabajo, para resolver este reto.

## PRUEBA 10

Con el propósito de que a los alumnos se les ocurran soluciones para resolver el problema acústico que se les presenta los participantes deben descubrir la siguiente sopa de letras:



Intenta resolver la siguiente sopa de letras, cuando lo tengas indicaselo al jefe de la sala:

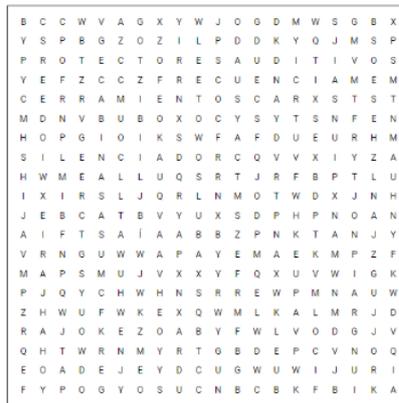


Ilustración 45. Prueba 10, Escape Room

Como pista opcional, en esta prueba se les facilita la siguiente lista de sinónimos, relacionada con las palabras que deben encontrar en la sopa de letras:

### Clues

- Acondicionamiento acústico
- Altas o Bajas
- Barreras
- Dolor
- Encapotamientos
- Equipos de protección individual
- Ruido estructural
- Soluciones en el receptor
- Turbulencias

Ilustración 46. Pista prueba 10

Finalmente, la solución a la sopa de letras es la siguiente:



Ilustración 47. Solución prueba 10

Para poder abrir el candado, el docente les facilita la clave correcta cuando hayan encontrado todas las palabras escondidas en este enigma.

### PRUEBA 11

Para finalizar la actividad, se reta a los alumnos a que propongan diferentes soluciones para resolver el problema acústico de la empresa PlasticMill.

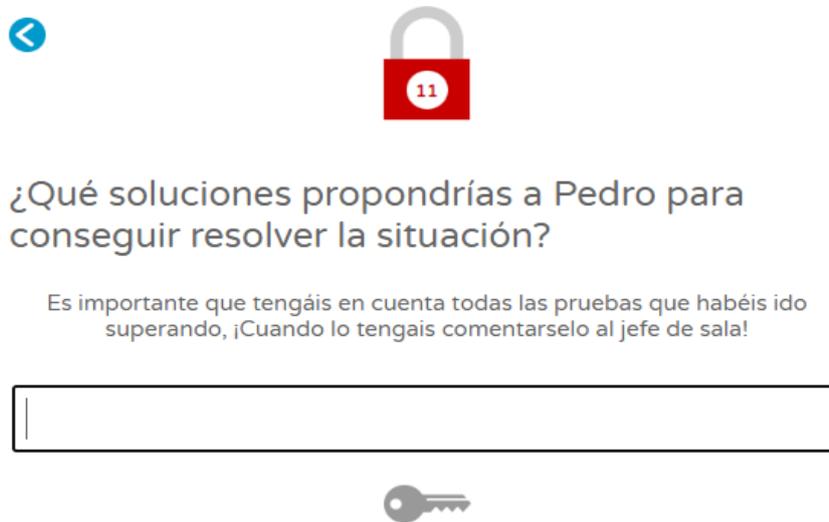


Ilustración 48. Prueba 11, Escape Room

Para facilitar la selección de las posibles soluciones, los alumnos disponen de numerosas noticias, así como ejemplos de resolución de problemas acústicos, los cuales se encuentran recogidos en el ANEXO A de la presente memoria.

Tras presentar las soluciones, los alumnos deben acudir al jefe de sala y este les facilitará la hoja de resultados finales, correspondientes a las medidas que han propuesto.

En la siguiente tabla tenemos la reducción real que se produjo en la sala industrial descrita:

Leq	Cargar	Colección	Transporte	LEX,8h
Inicio:	<b>105,2</b>	<b>89,3</b>	<b>85,7</b>	<b>104,0</b>
SOL total:	<b>77,4</b>	<b>72</b>	<b>62,1</b>	<b>76,3</b>

Ilustración 49. Reducción LEX,8h real de la sala industrial

Las medidas que se llevaron a cabo para conseguir resolver el problema acústico se indican en la siguiente tabla:

	Cargar	Colección	Transporte
<b>D'(total):</b>	<b>27,8</b>	<b>17,3</b>	<b>23,6</b>
Aisl. vibrac	<b>15</b>		
Alimentación	<b>23,5</b>		<b>23,5</b>
Depósito pellets		<b>17,3</b>	<b>17,3</b>
Encapsulado	<b>25</b>		
Silenciador	<b>27,8</b>		

Ilustración 50. Estrategias reales

La idea es que en función de las soluciones que acierten los alumnos, se les facilite un valor de LEX,8h u otro. En la siguiente tabla se observan los diferentes valores de LEX,8h al seleccionar las soluciones propuestas:

Leq	Cargar	Recolección	Transporte	LEX,8h
Aisl. Vibraciones	90,2	89,3	85,7	89,5
Alimentación	81,7	89,3	62,2	82,2
Deposito pellets	105,2	72	68,4	104,0
Encapsulado	80,2	89,3	85,7	82,5
Encapsulado+ Silenciador	77,4	89,3	85,7	81,5
Alimentación+ Depósito de pellets	81,7	72	62,2	80,5
Alimentación+ Encapsulado	80,2	89,3	62,2	81,2
Alimentación+ Encapsulado+ Silenciador	77,4	89,3	62,2	79,8
Deposito pellets+ Encapsulado	80,2	72	68,4	79,1
Depósito pellets+ Encapsulado+ Silenciador	77,4	72	68,4	76,3

Ilustración 51. Posibles resultados de la dinámica

	<b>Ideal</b>
	<b>Se reduce el nivel de ruido, cumpliríamos la ley, pero nos gustaría conseguir más reducción</b>
	<b>Con este nivel de ruido no se cumple la ley</b>

Ilustración 52. Evaluación de los diferentes resultados

Observando la ilustración anterior, vemos que la peor solución sería la correspondiente a señalar que el problema acústico se resuelve únicamente con el aislamiento de las vibraciones.

Por otro lado, podemos concluir que el silenciador solo tampoco tiene sentido, ya que junto con el capsulado se consigue el mejor comportamiento acústico.

Finalmente, las mejores propuestas son aquellas que aparecen en la ilustración anterior en color verde, las cuales muestran un nivel diario de exposición al ruido ideal.

## PRUEBA 12

El control de ruido industrial finaliza con la evaluación de las medidas implantadas, por lo que se les indica a los alumnos que, fijándose en los resultados anteriores, piensen si han conseguido resolver el problema acústico de la sala.



¿Creéis que habéis conseguido resolver el problema acústico de la sala?



*Ilustración 53. Prueba 12, Escape Room*

En esta prueba, cada alumno tendrá una solución ya que no todos los equipos de trabajo llegarán a las mismas soluciones.

Al finalizar la actividad, el docente realiza una explicación completa del caso con el objetivo de que todos los alumnos, sin importar los resultados de la actividad, entiendan las soluciones reales que tendrían que haber propuesto y sobretodo las distintas etapas del control industrial que se han ido recorriendo con esta dinámica.

Además, se atenderá cualquier duda o aclaración que los alumnos necesiten, con el propósito de que la dinámica sea completa y cumplir con los objetivos pedagógicos marcados al inicio del diseño de ésta.

Tras definir las pruebas que se han diseñado siguiendo el orden del control ruido industrial, podemos concluir que en primer lugar los alumnos deben identificar las fuentes de ruido de la fábrica y detectar la fuente principal, en este supuesto el molino de plástico durante el proceso de molienda.

A continuación, deben medir la dosis de ruido en dicha estación de trabajo con el fin de que comparen el valor obtenido con los valores límite permitidos. Una vez analizada la exposición del ruido deben proponer las diferentes estrategias con el objetivo de corregir la situación acústica de la sala.



La dinámica se complementa con pruebas de entretenimiento, acertijos, enigmas o sopas de letras con el principal objetivo de mantener al alumno participativo y hacer la sesión práctica más amena. Además, este tipo de pruebas hacen que aumente la competitividad sana entre equipos de trabajo y se desarrolle la comunicación entre los miembros de un mismo equipo.

Durante toda la sesión el profesor, jefe de sala, vigila que la dinámica se desarrolle de manera correcta y que ningún participante se salte las normas descritas al inicio de la actividad. Además, puede proporcionar alguna pista adicional si algún equipo se queda estancado en cualquiera de las pruebas.

Finalmente, tras desarrollar y diseñar las pruebas que componen la dinámica se ha asignado a cada actividad una duración, siendo el tiempo total de la sesión 1 hora y 20 minutos. Esta decisión ha sido tomada tras analizar y probar la actividad con los alumnos de este curso académico tal y como se comenta en el siguiente capítulo de la presente memoria.





## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y RESULTADOS



### 3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con la finalidad de evaluar la dinámica que se pretende implementar el siguiente curso académico en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria, hemos remitido la dinámica de escape a los alumnos que este año han cursado dicha asignatura, con el propósito de conocer su opinión y valorar la procedencia y adecuación de actividad desarrollada en el presente Trabajo de Fin de Grado.

#### 3.1. RESULTADOS LONGITUDINALES

Los compañeros que se han ofrecido como voluntarios han realizado la actividad de escape de manera diferente a como inicialmente estaba previsto, de forma no presencial e individualmente y al concluir el proceso han contestado a la encuesta de evaluación que seguidamente se expone.

En total hemos recibido siete respuestas a la encuesta propuesta, cantidad que, si inicialmente parece escasa, al relacionarla con el número de alumnos, doce, que este año han cursado la asignatura, parece más aceptable y suficiente.

Seguidamente, con las respuestas obtenidas se presentan los “resultados longitudinales”, pues reflejan las contestaciones de manera individual a cada una de las preguntas realizadas.

En primer lugar, hemos preguntado a los participantes sobre si tras cursar la asignatura este año académico, se ven capacitados para resolver un problema acústico en una empresa industrial. Es decir, si sabrían los pasos que tienen que seguir para enfrentarse a un problema acústico práctico.

En la siguiente ilustración podemos observar que la gran mayoría de los encuestados no se ve capaz de resolver un problema acústico tras cursar la asignatura y que el 28,6% de los participantes ha respondido ‘Tal vez’ a esta cuestión, lo que implica que otra gran parte de los alumnos no tienen claro si serían capaces de enfrentarse satisfactoriamente a un problema acústico real.

Tras cursar la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental en la Universidad de Valladolid,  
¿Crees que estás capacitado para enfrentarte a un problema acústico real?

7 respuestas

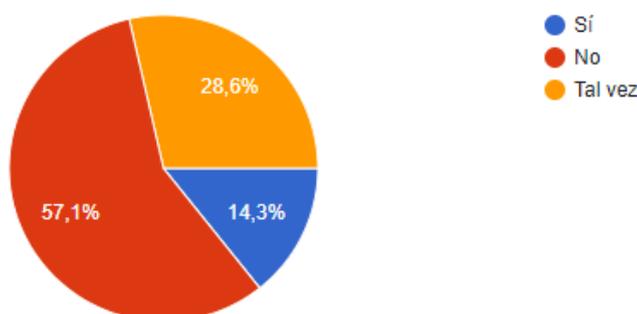


Ilustración 54. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 1)

Tras analizar esta primera cuestión, llegamos a la conclusión de que existe la necesidad de matizar y reforzar el aprendizaje y manejo de los conceptos prácticos de la asignatura.

También nos interesaba saber si esta actividad le resultaba familiar a los participantes y valorar la influencia de los Escape Room en la sociedad actual. Hemos podido observar que la gran mayoría de los participantes ya había realizado alguna experiencia a través de prácticas basadas en sesiones de escape, antes de realizar la dinámica de escape que les hemos propuesto.

¿Has realizado alguna vez antes un Escape Room?

7 respuestas

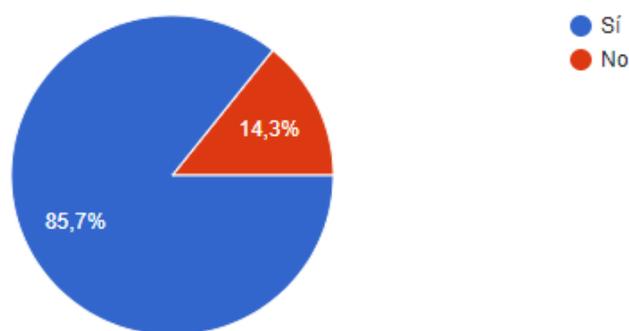


Ilustración 55. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 2)

Este aspecto es muy relevante ya que en el primer capítulo de la presente memoria analizamos la importancia de adecuar el contenido y las actividades al perfil del estudiante. Podemos confirmar que las actividades de escape están cada vez más demandadas y que despiertan el interés de los alumnos, por lo que creemos que ha sido una buena opción escoger esta dinámica pedagógica como alternativa a la clase magistral.

Otro aspecto a evaluar ha sido determinar el grado de dificultad de la dinámica desarrollada, con el objetivo de realizar modificaciones y correcciones para adecuar más la actividad al aprendizaje de los futuros participantes.

En este sentido, se ha preguntado a cada participante sobre si ha sido capaz de resolver todos los retos propuestos en la dinámica. Los resultados obtenidos se observan en la siguiente ilustración:

¿Has conseguido resolver las pruebas o retos de la dinámica de escape?

7 respuestas

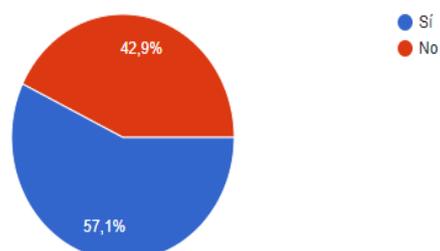


Ilustración 56. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 3)

Aparentemente las respuestas a esta pregunta no son del todo claras, ya que hay casi tantos participantes que han conseguido superar satisfactoriamente toda la dinámica como los que no la han podido concluir. Así, el 57,1% de los participantes ha conseguido superar todas las pruebas sin dificultad, en cambio, el 42,9% de los encuestados no han sido capaces de completar la actividad de escape.

Finalmente, para completar la evaluación de la dificultad de la actividad, hemos pedido a los alumnos que puntúen la dinámica, siendo la puntuación 1 correspondiente a dificultad más baja y 5 para la dificultad más alta. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Evalúa la dificultad de las pruebas de la dinámica:

7 respuestas

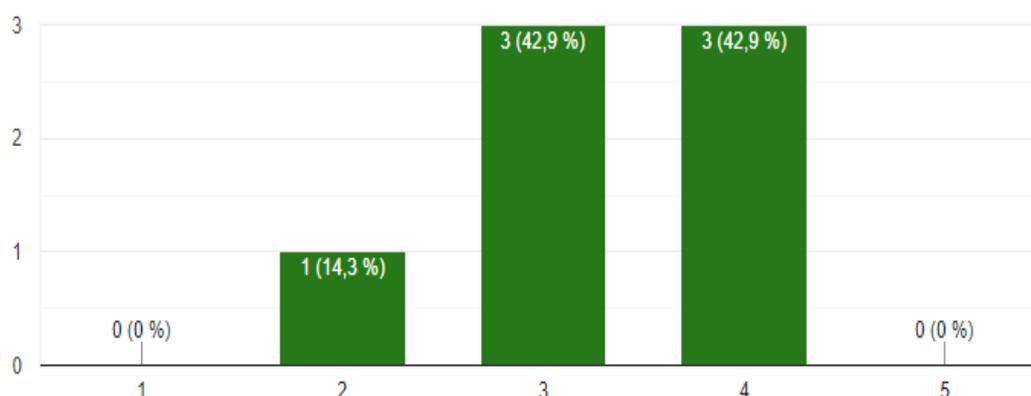


Ilustración 2957. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 4)

Podemos observar en el gráfico de la ilustración anterior que la gran mayoría de los alumnos que han realizado la actividad consideran que la dificultad es media-alta. Por lo que creemos que las pruebas diseñadas han sido adecuadas, ya que, no buscábamos la totalidad de los alumnos consiguieran resolver la dinámica, sino que todos ellos se involucren en la actividad formativa para conseguir llegar hasta el punto más avanzado del escape room.

Otro aspecto que hemos querido analizar es la tecnología empleada en la realización de la actividad, ya que es esencial que sea familiar y sencilla para que no aparezcan imprevistos al realizar la dinámica. Tras los resultados obtenidos en esta cuestión creemos que la tecnología utilizada no presenta ningún inconveniente en esta actividad ya que todos los alumnos han podido desarrollarla con su propio ordenador, siguiendo las pautas marcadas en las instrucciones.

¿Has tenido algún problema en cuanto a la tecnología utilizada para resolver las pruebas?

7 respuestas

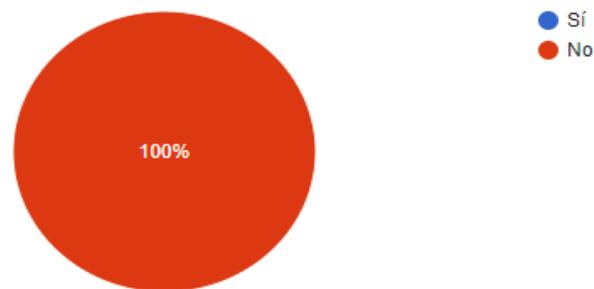


Ilustración 58. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 5)

Tras analizar las respuestas aportadas por los voluntarios procede cuestionarse si la implementación de la actividad dinámica ofrecida ayudará en el aprendizaje de los aspectos prácticos de la asignatura o por el contrario no será del todo útil para conseguir los objetivos pedagógicos propuestos.

De interés es el hecho de que los propios participantes que han analizado la dinámica coincidan de forma mayoritaria, en afirmar que la actividad es divertida, no habiéndose aportado valoración en sentido negativo que la califique como aburrida.

¿Tu experiencia realizando la actividad cómo ha sido?

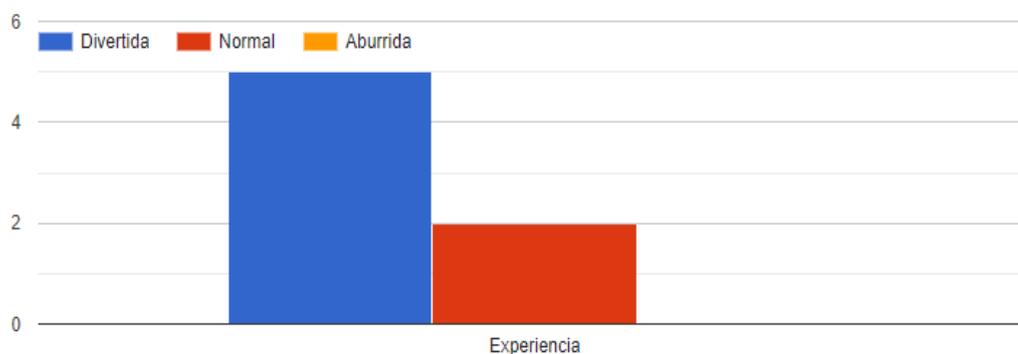


Ilustración 59. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 6)

Además, como se observa en la siguiente ilustración los participantes consideran útil la actividad para afianzar los conocimientos de la asignatura, por lo que se puede afirmar que los alumnos se muestran receptivos a incluir actividades de este tipo en las sesiones prácticas de la misma.

¿Consideras útil este tipo de actividades para asentar los conocimientos prácticos de la asignatura?

7 respuestas

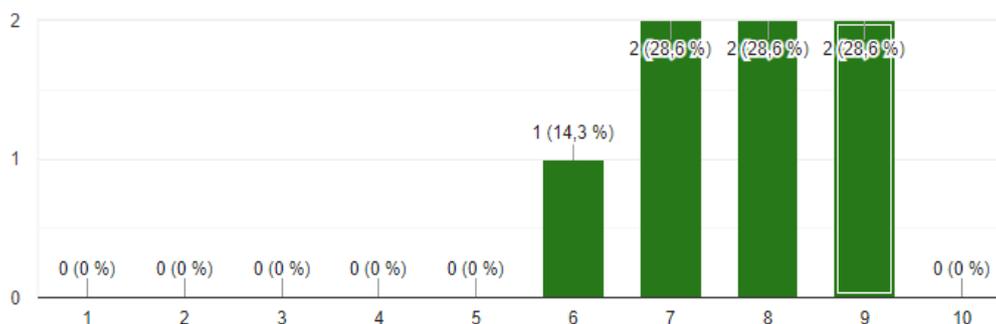


Ilustración 60. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Cuestión 7)

Al finalizar la encuesta, nos ha parecido interesante que los alumnos cuenten con un espacio donde, de manera voluntaria, puedan opinar, proponer sugerencias o comentar observaciones que consideren de interés, ya que esto nos da una información muy relevante para poder mejorar la actividad.

En la siguiente ilustración podemos observar los comentarios obtenidos:

Observaciones, sugerencias:

3 respuestas

La actividad sería completa si se realizase en grupo y de manera presencial.

El tiempo es muy justo, en hora y media no he podido resolver todas las pruebas.

El tiempo es demasiado reducido

Ilustración 61. Encuesta Gestión del Ruido Industrial (Opinión de los participantes)

Hay que señalar que esta dinámica estaba pensada para desarrollarse de manera presencial y formando grupos de trabajo. Pero debido a la excepcional situación sanitaria que atravesamos en estos momentos, no ha sido posible ponerla a prueba de esta manera.

Por otro lado, consideramos que facilitando más tiempo a la actividad podría perderse un aspecto muy importante de intriga y tensión para conseguir escapar. Creemos que al reducir el tiempo que sería necesario para realizar la actividad, fomentamos la participación activa, así como la motivación y la actitud competitiva durante la prueba.

Por otro lado, es de esperar que cuando la dinámica se realice de manera presencial y en grupos, al fomentar la comunicación y colaboración entre los miembros de un mismo grupo, el número de alumnos que conseguirán superar la actividad será mayor.

### 3.2. DIFICULTADES ENCONTRADAS

A continuación, se exponen las dificultades encontradas en la realización del Trabajo de Fin de Grado y cómo han influido en el desarrollo de la dinámica de escape.

En primer lugar, hay que señalar que la idea inicial era contar con una empresa de estudios y gestión de acústica que nos pudiera facilitarse un problema real de su propia actividad y conseguir desarrollar la dinámica a través de esos datos. Debido a la actual normativa de protección, sobre la privacidad de datos y confidencialidad de los mismos, a esta empresa no le ha sido posible conseguir que alguno de sus clientes le autorizara para que nos facilitaran supuestos reales con el contenido necesario y suficiente para poder llevar a cabo la dinámica que se quiere implantar.

Para poder solucionar este problema se ha optado por obtener los supuestos prácticos a través de la página web Acoustic Course for Industr (ACI), como ya se ha comentado anteriormente en la presente memoria, se trata de una página web que facilita gran variedad de cursos de acústica y nos ha permitido conseguir todos los datos para poder desarrollar la dinámica.

Por otro lado, al desarrollar el presente trabajo nos hemos encontrado con una gran dificultad a la hora de analizar los resultados debido a la situación global que atravesamos. La idea inicial era poder desarrollar la actividad con los alumnos que este año han cursado la asignatura para poder analizar la opinión de una muestra de participantes similar a los que se pretende implementar esta actividad.

Debido a la pandemia mundial que atravesamos y a las restricciones llevadas a cabo por las medidas frente al COVID 19, no ha sido posible realizar de manera presencial la actividad que fundamenta el presente Trabajo de Fin de Grado, dificultando por lo tanto la evaluación previamente a su implementación el curso que viene.

Con el objetivo de resolver este inconveniente, a la hora de diseñar la dinámica hemos realizado las pruebas con la aplicación web descrita, Flypите.net, con el objetivo de que los alumnos que han cursado la asignatura haya podido realizarla de manera no presencial y así poder obtener resultados y conclusiones.

Se ha considerado esencial facilitar una dinámica que se pueda desarrollar de manera online, ya que, si nos encontráramos con la posible y no deseada situación sanitaria que impidiera retomar la docencia presencial, sería interesante poder realizar esta actividad formativa práctica de manera online, explicando la dinámica previamente.

Por ello, hemos estudiado cómo encajaría esta actividad en la comentada “nueva normalidad”. Un factor importante para retomar las clases presenciales va a ser conseguir asegurar el distanciamiento social durante la impartición de las clases.

Centrándonos en este aspecto, parece importante pensar y señalar las posibles modificaciones que se deben realizar en la dinámica diseñada, con el objetivo de asegurar el referido distanciamiento social.



Como ya hemos señalado, la actividad se podría desarrollar de manera online si en algún momento no fuese posible impartir las clases de manera presencial, lo que puede considerarse una solución transitoria.

Por otro lado, el lugar escogido para llevar a cabo la actividad formativa basada en el escape room, situado en el laboratorio de Física, tiene suficiente amplitud y espacios para poder facilitar el cumplimiento de distanciamiento que actualmente se requiere. No obstante, con el objeto de garantizar lo máximo posible la seguridad de los participantes en la actividad se podrían aplicar las siguientes restricciones:

Con el objetivo de asegurar el distanciamiento social, se plantearía la actividad con las siguientes restricciones:

- Se formarán grupos de trabajo como máximo de tres participantes.
- Los equipos realizarán la actividad de manera escalonada con el objetivo de que la sala esté en todo momento lo más despejada posible y que no coincidan unos grupos de trabajo con otros.  
Previamente a comenzar la actividad los alumnos dispondrán de instrucciones donde se les se les indicará la hora en la que comienza su actividad y el equipo de trabajo al que pertenecerán. De esta forma, cada participante acudirá a la hora indicada y se podrá organizar la dinámica para cada grupo de manera individual en la sala.
- Los miembros del grupo deberán en todo momento cumplir con las obligaciones generales, utilizando los medios de protección y de higiene fijados por los responsables sanitarios, asegurando en todo momento el distanciamiento entre ellos. Se les indicará que si necesitan moverse por la sala deben hacerlo de uno en uno y manteniendo en todo momento la referida distancia necesaria.

Aplicando estas restricciones necesarias mientras no se solucione sanitariamente la situación de pandemia por el COVID-19, se podría considerar que sería viable continuar desarrollando esta actividad formativa durante el próximo curso.





## CONCLUSIONES





El nuevo enfoque tecnológico que está adquiriendo la educación pone de manifiesto que cada día es más palpable la necesidad de actualizar el proceso de docencia con el fin de encontrar la motivación en los alumnos.

En este trabajo se ha desarrollado la implantación de una Escape Room en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria en el Grado de Ingeniería en Organización Industrial de la Universidad de Valladolid, con el objetivo de elaborar una guía que recoja la información necesaria para implantar esta dinámica de manera satisfactoria en el siguiente curso académico.

En primer lugar, al inicio de la presente memoria se plantearon una serie de preguntas de investigación, las cuales vamos recordar, para analizarlas y comentarlas a continuación:

1. ¿El uso de la gamificación en la enseñanza favorece al trabajo en equipo?
2. ¿La utilización del Escape Room como herramienta en las asignaturas de ámbito universitario aumenta el compromiso del alumnado en el aula?
3. ¿Se desarrolla un estudio completo de la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental con el uso de un escape room educativo?
4. ¿Considera el alumno práctico y entretenido el uso de esta herramienta para comprender y profundizar los contenidos de la asignatura?

Tras el estudio realizado y la aplicación real a los alumnos de este curso académico, se ha logrado:

- Diseñar una Escape Room como herramienta de apoyo formativo, cubriendo las necesidades prácticas de la asignatura.
- Crear una dinámica adaptándonos a la situación actual, debido a la pandemia generada por la COVID'19, teniendo en cuenta los factores necesarios para que dicha actividad pueda desarrollarse de manera no presencial.
- Realizar un estudio completo de los aspectos más importantes de la parte de la asignatura que se centra en el ruido industrial, abarcando todos los objetivos pedagógicos marcados al inicio del diseño de la dinámica.
- Valorar la importancia de la gamificación y las técnicas de los juegos en la Educación Superior. Entre otras cosas, hemos podido observar que fomentan el trabajo en equipo, ya que, algunos de los participantes nos han indicado que la actividad sería totalmente completa si se realizase de manera grupal.
- Hemos podido comprobar que al alumnado le motiva las actividades de este tipo. Además, son familiares, ya que la mayoría de ellos realiza este tipo de actividades por ocio en su tiempo libre, por lo que es una herramienta idónea para dejar a un lado las clases magistrales en las que el propio docente les ponga a trabajar.

Se concluye que hemos podido analizar que, igual que la sociedad necesita transformarse, la educación forma parte de ella y también necesita evolucionar, es decir, aplicar cambios y nuevas perspectivas, siempre aportando una visión que favorezca la superación y mejora del proceso educativo. Por ello, podemos afirmar que el uso de actividades como Escape Room educativos, favorecen la evolución del proceso educativo, fomentando la implicación de los alumnos en las clases.

Hemos podido descubrir la involucración de los alumnos en la dinámica tras conseguir tantas respuestas en la encuesta realizada. Teniendo en cuenta la pandemia mundial que atravesamos por causa de la COVID'19 y las restricciones establecidas en cuanto a la educación se refiere. Los alumnos han realizado la actividad de manera voluntaria. Creemos que en este hecho se ve reflejada la motivación de los alumnos y confirman su interés en actividades como las Escape Rooms Educativas.

Como consecuencia de esto hemos llegado a la conclusión de que los docentes deben formarse de manera continua y permanente, actualizándose al mismo ritmo que la sociedad y la tecnología, para conseguir adecuar la educación a cada momento.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado una alternativa a la clase magistral, pero existen numerosas herramientas para conseguir los beneficios de la gamificación. Debe ser el docente quien seleccione la mejor alternativa para sus estudiantes, entendiendo y observando sus motivaciones.

Podemos concluir señalando que se considera que se ha desarrollado un diseño sólido, metódico que, si no surgen inconvenientes, podrá ser aplicado en el siguiente curso académico como una nueva sesión práctica en la asignatura. Además, destacar que las escape rooms educativas son actividades potencialmente adaptables a distintas etapas, cursos o áreas generando proyectos de gran consideración pedagógica.

Por otro lado, tras finalizar el estudio y observando las posibles líneas futuras del trabajo se propone un proyecto subyacente para completar la elaboración de un Trabajo de Fin de Grado. Los equipos de trabajo podrían crear su propio escape room simplificada que podría ser aplicada en cursos académicos diferentes. Es decir, se les puede asignar un tema y proponer que elaboren un escape room educativa con el objetivo de desarrollar sus habilidades de creación y seguir fomentando los conceptos de la asignatura.

Si las propuestas de los alumnos fueran positivas, en futuro podrían desarrollarse meta-escape rooms, es decir, pequeñas experiencias de escape dentro de las diferentes unidades didácticas que componen la asignatura. Esto podría entenderse como escape rooms por temas de la asignatura que permitirá ir superando y avanzando a lo largo del curso académico. Finalmente, otra línea futura del presente Trabajo de Fin de Grado es la creación de una dinámica similar, con el objetivo de introducir un supuesto relacionado con el ruido ambiental.



## REFERENCIAS

- ABC. (14 de Septiembre de 2016). España es el segundo país más ruidoso del mundo. Obtenido de <https://www.abc.es/sociedad/>
- ALLPE. (s.f.). *Niveles de Decibelios: ¿A qué equivalen los diferentes niveles de Decibelios?* Obtenido de Ingeniería Acústica; Mediciones Acústicas: <http://www.allpe.com/>
- Anna Inñesta; Directora de innovación educativa en ESADE Business and Law School de la Universidad Ramón Llull de Barcelona. (24 de Febrero de 2017). La clase magistral se reinventa. *El país*.
- Arnheim, R. (1969). *Visual Thinking*.
- Borrego, C., Fernández, C., Blanes, I., & Robles, S. (2017). *ROOM ESCAPE AT CLASS: escape game activities to facilitate the motivation and learning in computer science*.
- Courseware), A. (. (s.f.). *Acoustic Course for Industry (ACI)*. Obtenido de <https://acoucou.org/>
- Daigo, P. D., & Ventura-Campos, N. (2017). Escape Room: gamificación educativa para el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Sobre Enseñanza y Aprendizaje de Matemáticas; Suma*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/320191004\\_Escape\\_Room\\_gamificacion\\_educativa\\_para\\_el\\_aprendizaje\\_de\\_las\\_matematicas](https://www.researchgate.net/publication/320191004_Escape_Room_gamificacion_educativa_para_el_aprendizaje_de_las_matematicas)
- Ecológica, M. p. (s.f.). *Sistema de Información sobre Contaminación Acústica. Gobierno de España. Directiva 2002/49/CE*. Obtenido de <http://sicaweb.cedex.es/>
- Echevarria Ezponda, J. (12 de Abril de 2018). *Tecnociencias e innovaciones: desafíos filosóficos*. Obtenido de <https://www.homonosapiens.es/>
- Echevarría Ezponda, J. (16 de Enero de 2018). *Tecnopersonas digitales: qué son y en qué podrían convertirse*. Obtenido de <https://www.bbvaopenmind.com/>
- Fernandez Alvariño, C. (s.f.). *Guía practica Powtoon*. Obtenido de <https://www.adictosaltrabajo.com/2013/03/15/powtoon/>
- Gabe , Z., & Christopher Cunningham. (2011). *Gamification by Design*.
- Granda, M. (27 de Agosto de 2018). *El país economía*. Obtenido de <https://cincodias.elpais.com/>
- INE. (2018). *Instituto Nacional de Estadística, Indicadores Medioambientales. Población que sufre problemas de contaminación y otros problemas ambientales*. Obtenido de <https://www.ine.es/>
- La Junta extenderá a todos los ayuntamientos la obligación de elaborar ordenanzas contra el ruido. (2 de Mayo de 2010). *20 Minutos*. Obtenido de <https://www.20minutos.es/noticia/694511/0/>
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31>
- Martínez Crosswell, H. (4 de Mayo de 2014). *La definición de Gamification y su esencia*. Obtenido de <https://comunidad.iebschool.com/>

- Menárguez, A. T. (6 de Febrero de 2017). Los últimos minutos de la clase magistral. *El País*.
- Molina, J. (7 de Julio de 2019). *Los escape room y la teoría del flow*. Obtenido de Propietario de Cronoroom y Cofundador de Literup. Redactor en Conundroom.:  
<https://www.cronoroom.com/>
- NIOSH, I. N. (N.º 2001–103). *Pérdida de Audición Relacionada con el Trabajo*. Obtenido de  
[https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103\\_sp/default.html](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103_sp/default.html)
- Organization, I. S. (s.f.). Obtenido de <https://www.iso.org/home.html>
- Pantoja Chaves, A. (2007). La imagen como escritura. El discurso visual para la historia. *Norba. Revista de Historia, ISSN 0212*.
- Poza García, M. (2018). *Trabajo Fin de Grado: "Escape Room Educativa": como recurso motivador e innovador en educación infantil*. Facultad de Educación de Soria. Valladolid: Universidad de Valladolid. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/>
- R. D. 1215/1997, de 16 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>
- R. D. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2005/11/04/1311>
- R. D. 286/2008, de 10 de marzo,, sobre la protección de salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición del ruido. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/10/286/con>
- Roam, D. (2010). *Tu mundo en una servilleta, el proceso del pensamiento visual*.
- Scott, N. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities.  
<http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>.
- Sosa Ochoa , A. (Junio de 2013). Habilidades emocionales para el aprendizaje significativo. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15.
- (2010). *UNE-EN ISO 11202 V2, Ruido emitido por maquinaria y equipos*.
- (2009). *UNE-EN ISO 9612, Determinación de la exposición al ruido en el trabajo*.
- UNESCO. (2002). *Las Tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente: guía de planificación*. Obtenido de <https://es.unesco.org/>
- Valero Dengra, A. (4 de Abril de 2018). *Escape rooms que te atraparán*. Obtenido de Metropoli:  
<https://www.metropoliabierta.com/>
- Werbach, K., & Hunter, D. (2014). *Revoluciona tu negocio con las técnicas del juego*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Woolfolk, A. (1996). *Psicología de la Educación*. (6. ed., Ed.) Ediciones Programadas Educativas.



## ANEXO A





Ilustración A 1. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-01.....	103
Ilustración A 2. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-02.....	104
Ilustración A 3. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-03.....	105
Ilustración A 4. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-04.....	106
Ilustración A 5. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-05.....	107
Ilustración A 6. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-06.....	108
Ilustración A 7. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-07.....	109
Ilustración A 8. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-08.....	110
Ilustración A 9. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-09.....	111
Ilustración A 10. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-10.....	112
Ilustración A 11. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-11.....	113
Ilustración A 12. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-12.....	114
Ilustración A 13. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-13.....	115
Ilustración A 14. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-14.....	116
Ilustración A 15. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-15.....	117
Ilustración A 16. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-16.....	118
Ilustración A 17. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-17.....	119
Ilustración A 18. Diagnóstico de Soluciones Acústicas-1.....	116
Ilustración A 19. Diagnóstico de Soluciones Acústicas-2.....	121
Ilustración A 20. Cabina Acústica A-1.....	129
Ilustración A 21. Cabina Acústica A-2.....	123
Ilustración A 22. Cerramiento Acústico con Puertas y Silenciadores a Medida B-1.....	124
Ilustración A 23. Cerramiento Acústico con Puertas y Silenciadores a Medida B-2.....	125
Ilustración A 24. Generador Eléctrico-1.....	127
Ilustración A 25. Puertas Acústicas-1.....	127
Ilustración A 26. Aislamiento de Vibraciones-1.....	130
Ilustración A 27. Aislamiento de Vibraciones-2.....	128
Ilustración A 28. Aislamiento de Vibraciones-3.....	129
Ilustración A 29. Aislamiento de Vibraciones-4.....	130
Ilustración A 30. Aislamiento de Vibraciones-5.....	131
Ilustración A 31. Soportes Antivibratorios-1.....	132
Ilustración A 32. Silenciados Modular A-1.....	133
Ilustración A 33. Silenciador Acústico B-1.....	134
Ilustración A 34. Silenciador Acústico B-2.....	135
Ilustración A 35. Silenciador acústico SNA C-1.....	136
Ilustración A 36. Silenciador acústico SNA C-2.....	137
Ilustración A 37. Silenciadores (atenuadores acústicos) D-1.....	138
Ilustración A 38. Silenciadores (atenuadores acústicos) D-2.....	139
Ilustración A 39. Silenciadores (atenuadores acústicos) D-3.....	140
Ilustración A 40. Rejillas acústicas-1.....	1
Ilustración A 41. Rejillas acústicas-1.....	142



## INTRODUCCIÓN

El presente documento Anexo correspondiente al Trabajo de Fin de Grado con título “Aplicación de la gamificación en la asignatura de Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria “, se va adjuntan los documentos que se facilitan a los participantes para realizar la dinámica de escape desarrollada.

## DOCUMENTOS DE INTERÉS

En primer lugar, los alumnos disponen del siguiente documento que contiene ejemplos de problemas acústicos tratados en las clases teóricas de la asignatura:

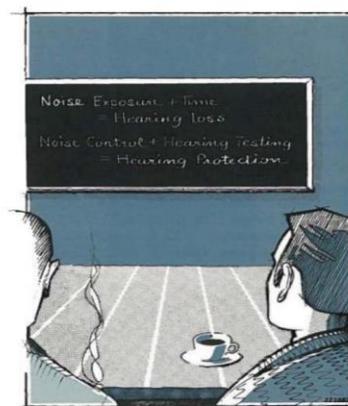
### Tema 3. Control de ruido y vibraciones

Gestión del Ruido Industrial

Lara del Val Puente: [lvalpue@eii.uva.es](mailto:lvalpue@eii.uva.es)  
Área Ingeniería Mecánica, Dpto. CMelM, EII Valladolid

## Índice

- ▶ Ejemplos de aplicaciones al diseño de máquinas más silenciosas



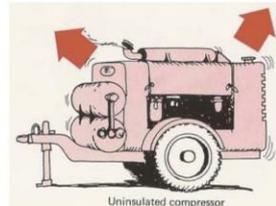
## Diseño de máquinas más silenciosas

- ▶ Se puede abordar el problema desde diferentes puntos de vista:
  - ▶ **Propagación vía aérea.**
  - ▶ Fuente de ruido por impactos.
  - ▶ Propagación vía estructural.
  - ▶ Aislamiento de tabiques.
  - ▶ Ruido en conductos.

## Diseño de máquinas más silenciosas

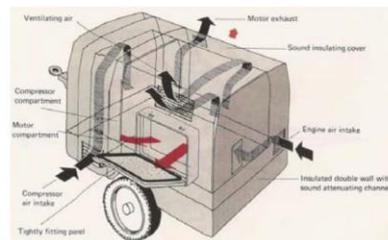
- ▶ **Propagación vía aérea:**

- ▶ Ejemplo: Compresor diésel con altos niveles de ruido a bajas frecuencias



- ▶ ¿Qué ocurrirá si lo encapsulamos en una buena cabina con silenciadores a la entrada y a la salida?

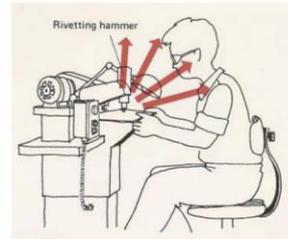
Que, aunque menos, seguiremos teniendo altos niveles de ruido a bajas frecuencias



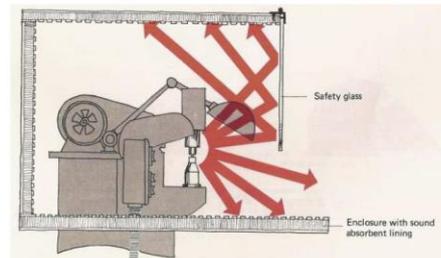
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía aérea:

- ▶ Ejemplo: máquina de remachar, con niveles altos de ruido de alta frecuencia. ¿Cómo aislamos al trabajador de dicho ruido?



- ▶ Colocando la máquina en el interior de una cabina



▶ Tema 3. Control de ruido y vibraciones

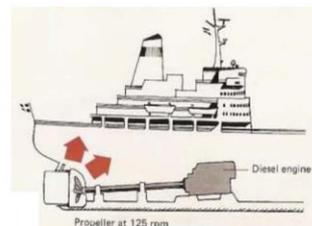
M. Herráez, L. del Val

5

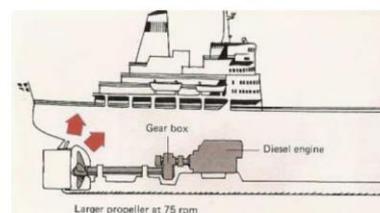
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía aérea:

- ▶ Ejemplo: hélice de un barco que emite un nivel de ruido demasiado elevado. ¿Cómo podría reducirse?



- ▶ Haciendo que la hélice gire a una frecuencia menor, mediante una caja de cambios. Al reducir la frecuencia, se reduce también la molestia ocasionada por el ruido.



▶ Tema 3. Control de ruido y vibraciones

M. Herráez, L. del Val

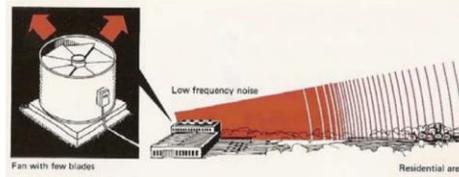
6

Ilustración A 3. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-03

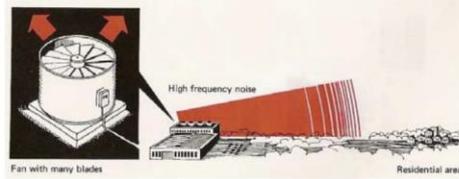
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía aérea:

- ▶ Ejemplo: fábrica con ventiladores, cuyo ruido molesta a un área residencial cercana.  
¿Cómo solucionarlo?

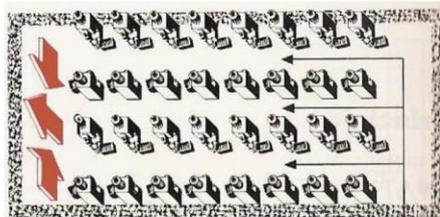


- ▶ Aumentando el número de aspas de los ventiladores, y con ello la frecuencia del ruido que emiten, reduciendo más el nivel de ruido con la distancia, que ya no llega a la zona residencial.

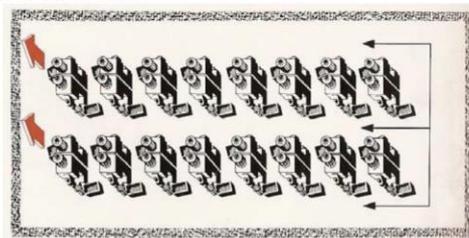


## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía aérea:



### ▶ ¿Solución?



## Diseño de máquinas más silenciosas

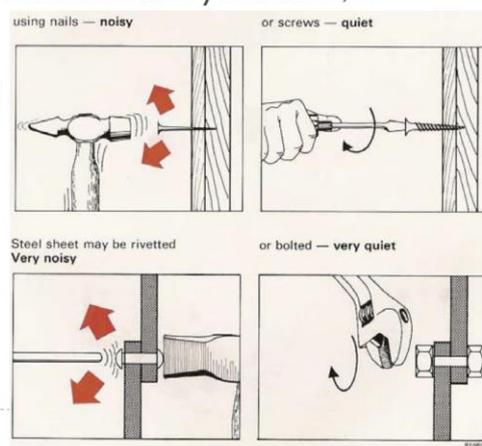
- ▶ Se puede abordar el problema desde diferentes puntos de vista:
  - ▶ Propagación vía aérea.
  - ▶ **Fuente de ruido por impactos.**
  - ▶ Propagación vía estructural.
  - ▶ Aislamiento de tabiques.
  - ▶ Ruido en conductos.

## Diseño de máquinas más silenciosas

- ▶ Fuente de ruido por impactos:

Ejemplos: Para fijar juntos dos paneles de madera ¿qué emplearíais por ser menos ruidoso: clavos y remaches, o tornillos y pernos?

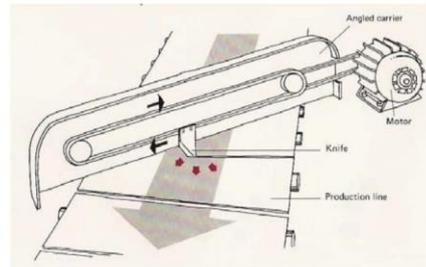
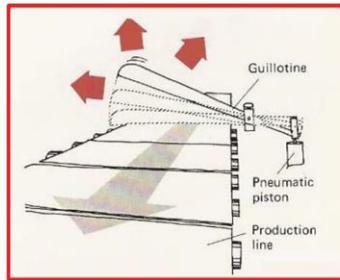
- ▶ Es mejor (menos ruidoso) usar tornillos y pernos, que además permiten montar y desmontar con más facilidad.



## Diseño de máquinas más silenciosas

### ► Fuente de ruido por impactos:

Ejemplos: ¿Qué solución será más ruidosa para cortar finas láminas de chapa, una guillotina o una cuchilla que avanza progresivamente?



► Tema 3. Control de ruido y vibraciones

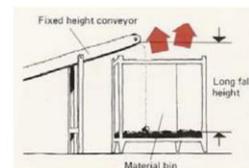
M. Herráez, L. del Val

11

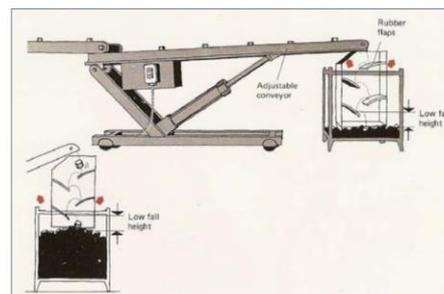
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ► Fuente de ruido por impactos:

► Ejemplo: Los productos fabricados van por una cinta transportadora hasta caer en caída libre al contenedor → mucho ruido, sobre todo al principio cuando contenedor está vacío.



► **Solución:** Se sugiere una caída progresiva mediante lengüetas de goma y/o un contenedor con la altura de fondo regulable.



► Tema 3. Control de ruido y vibraciones

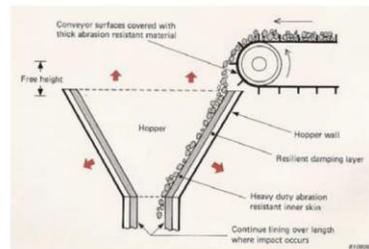
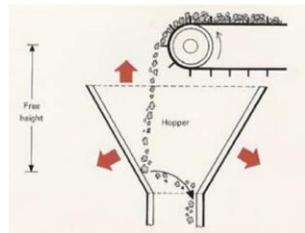
M. Herráez, L. del Val

12

Ilustración A 6. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-06

## Diseño de máquinas más silenciosas

- ▶ Fuente de ruido por impactos:
  - ▶ Otra posible solución: La cinta transportadora está al borde de la tolva para impedir la caída libre y generar menos ruido.



## Diseño de máquinas más silenciosas

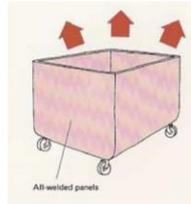
- ▶ Se puede abordar el problema desde diferentes puntos de vista:
  - ▶ Propagación vía aérea.
  - ▶ Fuente de ruido por impactos.
  - ▶ **Propagación vía estructural.**
  - ▶ Aislamiento de tabiques.
  - ▶ Ruido en conductos.

## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía estructural:

▶ Carrito rígido de transporte.

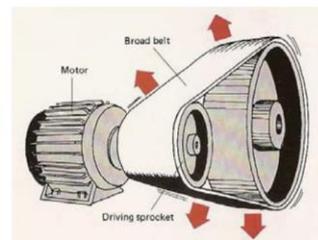
▶ **Solución:** Carrito de transporte construido por un marco metálico con paneles sujetos al marco dejando rendija, o incluso paredes de malla de alambre.



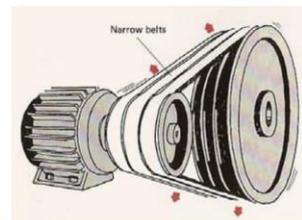
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía estructural:

▶ ¿Cómo se asociaría a las correas el comportamiento de los pines continuos y discontinuos frente al ruido?



▶ Es preferible varias correas estrechas sucesivas a una única correa de gran anchura.

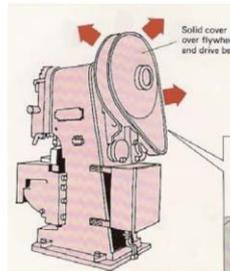


## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía estructural:

#### ▶ ¿Solución?

- ▶ Como cubierta de protección de la correa es mejor una malla de alambre que una superficie lisa.

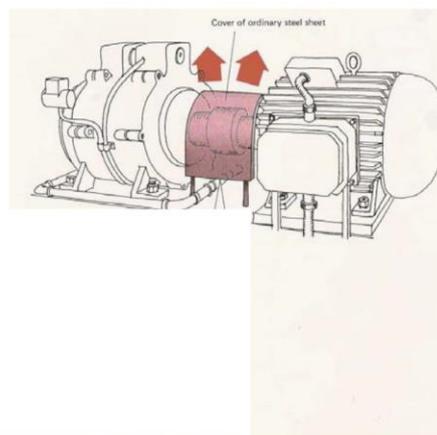


## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía estructural:

#### ▶ ¿Solución?

- ▶ Los metales tienen poco amortiguamiento interno.
- ▶ Se recubre con una lámina de material absorbente.

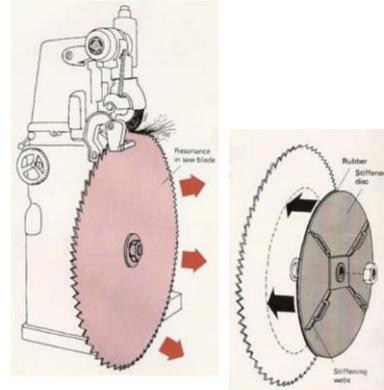


## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía estructural:

▶ Ejemplo: Sierra circular que presenta una resonancia con poco amortiguamiento. **¿Solución?**

▶ Añadir un disco de goma con un disco rígido. Así se aumenta la masa y el amortiguamiento, con lo que se evita la resonancia en esa frecuencia y disminuye la amplitud.



▶ Tema 3. Control de ruido y vibraciones

M. Herráez, L. del Val

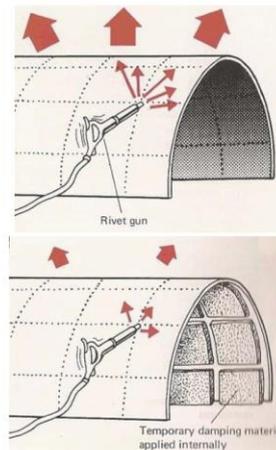
19

## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Propagación vía estructural:

▶ **¿Solución?**

▶ Colocar paneles amortiguadores mientras se remacha.



▶ Tema 3. Control de ruido y vibraciones

M. Herráez, L. del Val

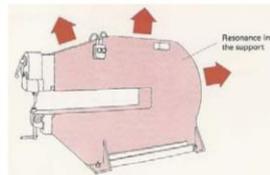
20

Ilustración A 10. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-10

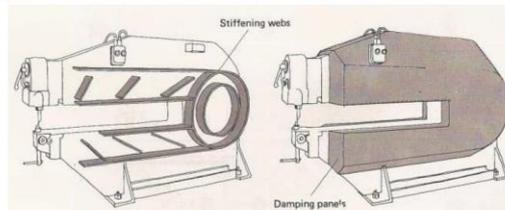
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ► Propagación vía estructural:

- Ejemplo: Máquina con resonancia a baja frecuencia en el soporte. **¿Solución?**



- Se rigidiza el soporte, aumentando la frecuencia de resonancia, y se recubre de material absorbente.



► Tema 3. Control de ruido y vibraciones

M. Herráez, L. del Val

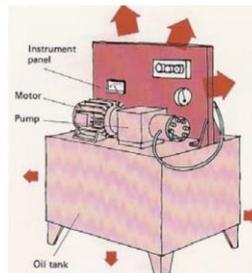
21

## Diseño de máquinas más silenciosas

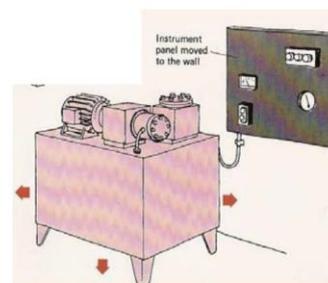
### ► Propagación vía estructural:

- Ejemplo: Máquina cuyo panel de instrumentación, al vibrar hace que el depósito de aceite de la parte inferior emita mucho ruido.

### ► ¿Solución?



Colocar el panel independiente del depósito.



► Tema 3. Control de ruido y vibraciones

M. Herráez, L. del Val

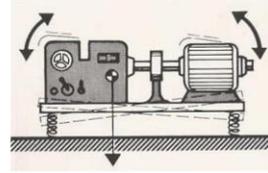
22

Ilustración A 11. Ejemplos Con Soluciones Control de Ruido Y Vibraciones-11

## Diseño de máquinas más silenciosas

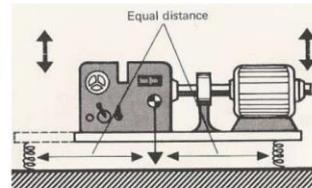
### ► Propagación vía estructural:

- Montaje de **varios soportes elásticos**: deben tener la misma rigidez o deflexión estática, para evitar cabeceos a altas frecuencias en los arranques-paradas.



- ¿Si la máquina no tiene el peso uniformemente distribuido?

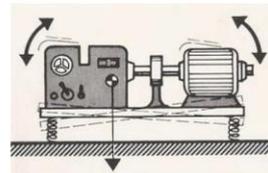
Los soportes deben estar equidistantes del centro de gravedad.



## Diseño de máquinas más silenciosas

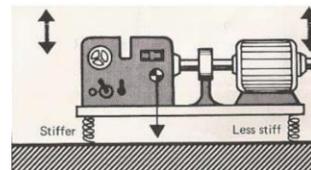
### ► Propagación vía estructural:

- Montaje de **varios soportes elásticos**: deben tener la misma rigidez o deflexión estática, para evitar cabeceos a altas frecuencias en los arranques-paradas.



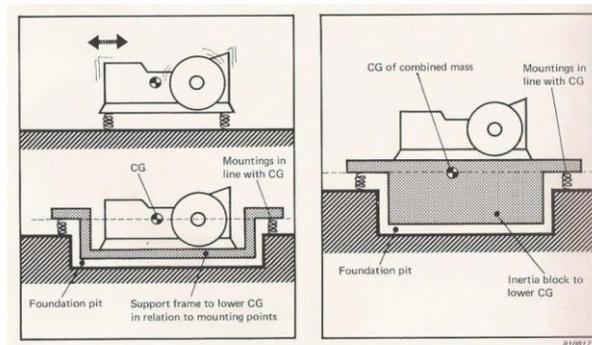
- ¿Si la máquina no tiene el peso uniformemente distribuido?

Colocar soportes distintos, de manera que los soportes que estén **cerca del centro de gravedad** deben ser más rígidos que los alejados.



## Diseño de máquinas más silenciosas

- ▶ Propagación vía estructural:
  - ▶ Otra posibilidad es montar soportes en la misma horizontal que el centro de gravedad.



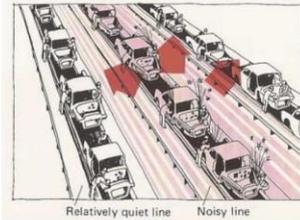
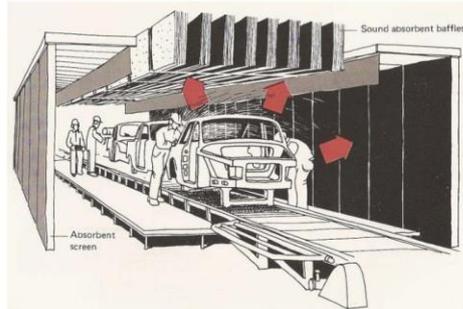
## Diseño de máquinas más silenciosas

- ▶ Se puede abordar el problema desde diferentes puntos de vista:
  - ▶ Propagación vía aérea.
  - ▶ Fuente de ruido por impactos.
  - ▶ Propagación vía estructural.
  - ▶ **Aislamiento de tabiques.**
  - ▶ Ruido en conductos.

## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Aislamiento de tabiques:

- ▶ La combinación de pantallas y techos absorbentes reduce el ruido.
- ▶ Ejemplo: Nave industrial con varias líneas de montaje paralelas ruidosas. **¿Solución?**



Separar líneas con pantallas absorbentes y, si es posible, colocar también techos absorbentes.

▶ Tema 3. Control de ruido y vibraciones

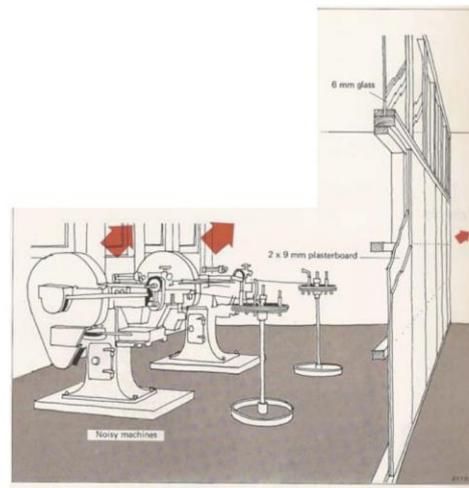
M. Herráez, L. del Val

27

## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Aislamiento de tabiques:

- ▶ Ejemplo:
  - ▶ Máquina con problema de ruido a 1kHz.
  - ▶ Se tiene una pared con paredes de conglomerado de 25mm y ventanas de 6mm. Existe frecuencia de coincidencia.
- ▶ Solución:
  - ▶ Cambiar la pared por 2 paredes de pladur, que al tener una rigidez y una masa mayores, sube la frecuencia de coincidencia a 2.5kHz.



▶ Tema 3. Control de ruido y vibraciones

M. Herráez, L. del Val

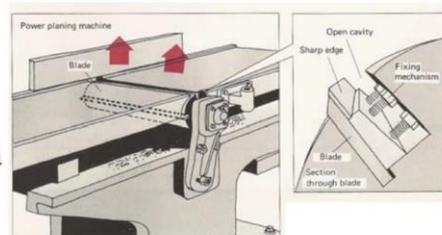
28

## Diseño de máquinas más silenciosas

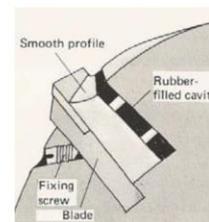
- ▶ Se puede abordar el problema desde diferentes puntos de vista:
  - ▶ Propagación vía aérea.
  - ▶ Fuente de ruido por impactos.
  - ▶ Propagación vía estructural.
  - ▶ Aislamiento de tabiques.
  - ▶ **Ruido en conductos.**

## Diseño de máquinas más silenciosas

- ▶ Ruido en conductos:
  - ▶ Ejemplo: máquina alisadora donde la cavidad que forma la cuchilla con el material a alisar se forma una resonancia de Hemholtz. **¿Solución?**



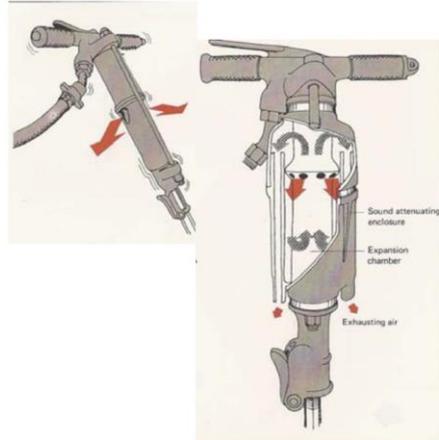
- ▶ Redondear el borde y rellenar la cavidad, cambiando la forma de fijar la cuchilla.



## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Ruido en conductos:

- ▶ Ejemplo: en un martillo neumático hay componentes a bajas frecuencias, de la sucesión de pulsos, y a altas debidas al chorro de gas que se emite en cada pulso. **¿Solución?**
- ▶ Alrededor del cuerpo del martillo hay una cámara de expansión para reducir la emisión a bajas frecuencias.



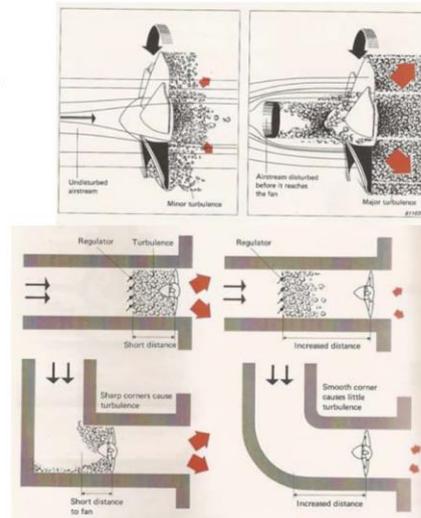
## Diseño de máquinas más silenciosas

### ▶ Ruido en conductos:

- ▶ En un ventilador, si el flujo que llega ya tiene **turbulencia**, la amplifica y el ruido es mayor.

### ▶ Solución:

Colocar la hélice lejos de las fuentes de turbulencias (válvulas, codos, obstáculos, cambios de sección...)



### 5.5.5. Ruido en conductos

- ▶ Ruido en conductos:
  - ▶ Las válvulas con asientos pequeños generan un flujo de velocidad local alto a altas presiones.
  - ▶ **Solución:** hay que intentar que el camino no sea tortuoso.



Por otro lado, los alumnos disponen de las siguientes noticias comerciales con las cuales deben buscar las soluciones adecuadas para el problema acústico que se les propone resolver:

- Diagnóstico de soluciones acústicas:

Soluciones Acústicas

<http://sonoflex.com/fonac/diagnostico-de-problemas-a>

Acceso Distribuidores |

**FONAC**  
MATERIALES ACÚSTICOS

Inicio Sonoflex Productos ¿Dónde comprar? Area Técnica Contacto

Usos Habituales Informes Técnicos Instalación Preguntas Frecuentes

Encontrá la ayuda técnica necesaria para poder instalar FONAC® y conocé usos habituales y aplicación. O navegá entre nuestros productos.

**INFORMES TÉCNICOS**

## Diagnóstico de problemas acústicos

El diagnóstico de problemas acústicos, se obtiene: - Por mediciones: de nivel sonoro, de vibraciones, tiempo de reverberación. - Por información provista por el fabricante o proveedor de un determinado equipamiento. - Por la inspección ocular, que da una idea más precisa de cual es la situación real (materiales, dimensiones, etc...) y las posibles soluciones a implementar. Encontraremos gran cantidad de casos y muy variadas soluciones. Algunas con alto grado de complejidad, pero muchas muy simples. Siempre se encuentra una solución. La cuestión, como en todas las cosas, radica en la idoneidad con que se encara cada tratamiento.

**Reconociendo los problemas acústicos**

Es frecuente encontrar en proyectos y en obras ejecutadas, que no se ha tenido en cuenta el tratamiento acústico, de donde resultan viviendas invadidas por ruidos, gimnasios donde es impracticable un recital de música, una oficina gerencial sin privacidad, un salón de actos con escasa inteligibilidad, áreas de servicios que afectan al vecindario, recintos fabriles que refuerzan sus propios ruidos y cuanto otro ejemplo cada uno de nosotros tenga como experiencia. Existe una rama suficientemente desarrollada que está en condiciones de predecir estos problemas y de corregirlos cuando se trate de hechos consumados. Para ello se aplican principios comunes tanto para el tratamiento de una industria ruidosa como para una sala de teatro. En las notas siguientes se comenta sobre casos concretos de tratamientos acústicos que representan casos típicos de fuentes de ruido, cada uno de los cuales cuenta con tres fases que se deben superar para solucionar el problema.

**El tratamiento de los problemas acústicos reconoce tres fases:**

Se dice que el tratamiento de un problema acústico reconoce tres fases:

- **A** – Situación **acústica** existente o prevista. ¿De cuánto ruido se trata?
- **B** – Objetivo a obtener. ¿Hasta cuanto se debe reducir?
- **C** – Tratamiento a efectuar. ¿Cómo hacerlo?

**A – Situación **acústica** existente o prevista. ¿De cuánto ruido se trata?**

Poder determinar el nivel de ruido del cual se trata se resuelve simplemente con mediciones de niveles sonoros. Si bien no siempre se dispone de un equipo adecuado, teniendo en cuenta el "termómetro acústico" que hemos detallado anteriormente, se pueden obtener valores típicos para cada uno de los casos. Cuando se trata de maquinarias la información provista por el fabricante o proveedor y la inspección ocular dan una idea más precisa de cual es la situación real y las posibles soluciones a implementar.

En el caso de molestias a vecinos, deberán medirse los niveles sonoros en el interior de las fincas supuestamente afectadas, tanto con las fuentes cuestionadas funcionando como con las mismas detenidas. En el caso de niveles sonoros en recintos industriales que afecten a las personas deberá considerarse lo estipulado en la Ley Nacional de Higiene y Seguridad.

**B – Objetivo a obtener. ¿Hasta cuánto se debe reducir?**

De acuerdo a lo reglamentado por la Ley Nacional de Higiene y Seguridad, las Normas IRAM y las ordenanzas municipales, se debe fijar un orden de prioridades para la atenuación sonora: Primero atacar a las fuentes reduciendo su emisión, luego atenuando los ruidos en el camino de propagación y solo tercero con protección individual.

- Lo **primero** es propio de especialistas en equipos industriales.
- Lo **segundo** es típico de los especialistas en **acústica** y en lo que nos debemos orientar.
- Lo **tercero** es lo que a veces se aplica primero y es el resumen de lo que se ignora.

**C – Tratamiento a efectuar. ¿Cómo hacerlo?**

Evitar los problemas tanto en los recintos industriales como los ruidos en viviendas vecinas de industrias.

Los Materiales Acústicos Fonac, una solución para los problemas de ruidos

De la familia de los aislantes de Sonoflex ,Fonac Doors y Fonac Wall son los dos productos desarrollados para aislar verdaderamente los ruidos con excelente estética.

Se viene el verano y vuelven los probables cortes de energía eléctrica,vuelven los Grupos Electrógenos y los Materiales Acústicos Fonac te resuelven problemas de ruido en las salas de grupos electrógenos

Con mínimo espesor y una gran performance en aislación sonora, Fonac Barrier continua siendo el mejor.

La solución para los problemas de ruidos en oficinas modernas: Materiales Acústicos Fonac

Para tener un diseño único en el mercado con máxima absorción, la recomendación es utilizar Fonac Texturado el fonoabsorbente con micro cuñas para exigentes

Composite Conformado la mejor opción cuando se necesita aislación y absorción sonora en forma simultanea

Seguridad, estética y excelente resultado con Fonac Class 1

Los Materiales Acústicos Fonac te hacen disfrutar a pleno la inversión en un Home Theater:

Ruidos Típicos de Obras en entornos urbanos: El ruido como contaminante, previsiones y criterios de remediación.

Tipos y Tipologías en Obra Acústica; síntomas, causas y correcciones posibles. Otra colaboración de nuestro Gerente Técnico Mg. Arq. Alejandro Giani

La tecnología y los Materiales Acústicos Fonac, una amalgama necesaria para lograr el verdadero Confort Acústico

Ilustración A 18. Diagnóstico de Soluciones Acústicas-1



discotecas, y demás fuentes fijas de ruido se pueden lograr llevando a cabo tratamientos acústicos. Existen en el mercado materiales absorbentes y aislantes que permiten reemplazar los materiales que tradicionalmente se han utilizado para dichos tratamientos (fibras de vidrio o minerales) obteniendo resultados superiores; si bien estas últimas pueden ser importantes cuando se tratan problemas de temperatura, los **materiales acústicos** de última generación ofrecen una mejor performance y son predecibles en su comportamiento acústico. Estos ofrecen una serie de ventajas que podemos detallar: como ventajas directas podemos indicar su predicibilidad en el comportamiento acústico y de alto rendimiento. Como ventajas indirectas podemos mencionar: no desprenden impurezas, son de difícil combustión, fácil instalación, vida útil prolongada, no se desgranar, etc..

Puede ponerse en contacto con nosotros a través del formulario o por los canales habituales.

**Solicitar presupuesto o asesoramiento**

Teléfono

**(+54) 11 4443 5012**

Horarios de atención de L. a V. de 9am a 6pm

Compartir en | | |

Cuando necesitamos cinta de desacople acústico, Fonac Band es la mejor opción

Para lograr una excelente adhesión, Sonoflex presenta un dueto de productos para garantizar una excelente performance: Adhesivo Fonac Class 1 y Adhesivo Sonoflex

Patologías Acústicas en la construcción: Aislamiento insuficiente entre locales linderos

En los hoteles de Europa, el principal factor que afecta a la reputación online, es el ruido. ¿Será lo mismo en nuestras tierras?

La verdadera barrera acústica del mercado: Fonac Barrier

Fonac Doors y Fonac Wall, dos productos desarrollados para aislar con excelentes resultados, sin descuidar lo estético

Gran versatilidad revestimiento que tiene una excelente performance acústica y una inmejorable estética: Fonac Stone

¿Cómo podemos combatir el ruido urbano? Vamos a conocer un poco más sobre el ruido

Sonoflex desarrolló un aislante acústico para evitar ruidos de impacto en pisos: Fonac Impact

La contaminación sonora, se sufre mucho más en la Capital Federal. Entérate cómo repercute el ruido intenso en la salud de las personas

Los Materiales Acústicos Fonac te ofrecen la familia de productos aislantes que cubren todas las necesidades para una excelente aislación acústica

Fonac Studio, micro cavidades fonoabsorbentes al servicio de la estética y el buen resultado acústico.

Fonac Wall, el aislante que reúne dos condiciones necesarias en nuestros días: excelente estética y una gran performance acústica

Fonac Class 1 para cuando se necesita seguridad y estética acompañada de máxima performance

Cuando se necesita un aislante acústico multipropósito con capa de desacople Composite Bi-Capa es la opción más adecuada.

Los riesgos del ruido en el ámbito laboral de nuestros días.

Los Materiales Acústicos Fonac te brindan la mejor solución para lograr una excelente aislación acústica.

Cada vez más son utilizados los Materiales Acústicos Fonac para los problemas de ruidos en oficinas modernas

Una barrera acústica con mínimo espesor y gran aislación sonora: Fonac Barrier

Fonac Texturado el fonoabsorbente con micro cuñas para la diseños exigentes con máxima absorción

Fonac Wall la estética adecuada para el aislamiento en las construcciones modernas.

Los Materiales Acústicos Fonac son una solución eficiente y económica para los problemas de ruido.

Ilustración A 19. Diagnóstico de Soluciones Acústicas-2

- Cerramientos Acústicos:

CABINA ACUSTICA | CABINAS ACÚSTICAS | CERRAMIENTO... <https://www.acusticaintegral.com/cat/productos/?sub=cerramientos-y-c>.

Iniciar sesión (<https://www.acusticaintegral.com/page/login/>) | Registrarse (<https://www.acusticaintegral.com/page/register/>)

Español (<https://www.acusticaintegral.com>)



(+34) 937 346  
(tel:0034937346564) [info@acustica.com](mailto:info@acustica.com)  
(mailto:info@acustica.com)



## Productos - Cerramientos y Cabinas acústicas

INICIO > PRODUCTOS

Los Cerramientos y cabinas acústicas de **Acústica Integral** están concebidos para adaptarse a cualquier necesidad dado su carácter modular, que permite, además, una rápida instalación. Según las necesidades del cliente se pueden ofrecer en versión desmontable.

Diferentes tratamientos acústicos estandarizados permiten cubrir de forma efectiva una amplia gama de grados de insonorización.

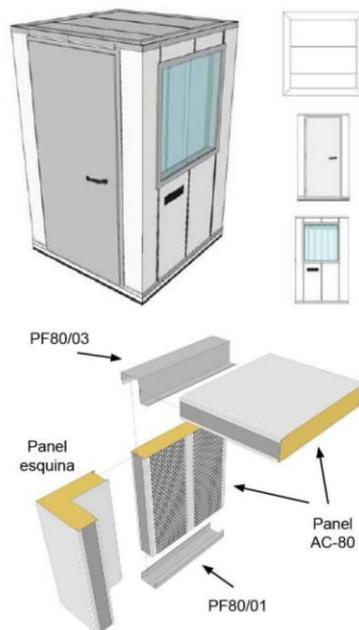


Ilustración A 20. Cabina Acústica A-1

[http://www.acusticaintegral.com/wp-content/uploads/2019/03/Triptico-Paneles-](http://www.acusticaintegral.com/wp-content/uploads/2019/03/Triptico-Paneles-acusticos-Feb19-Rev0.pdf)

acusticos-Feb19-Rev0.pdf)

El sistema modular se compone de los siguientes productos:

**ACUSTIMÓDUL-80A**[\(https://www.acusticaintegral.com/682/acustimodul-80a/\)](https://www.acusticaintegral.com/682/acustimodul-80a/)

Los paneles acústicos de la gama Acustimódul-80A se utilizan para ...

**ACUSTIMÓDUL-80RA**[\(https://www.acusticaintegral.com/712/acustimodul-80ra/\)](https://www.acusticaintegral.com/712/acustimodul-80ra/)

Los paneles acústicos de la gama Acustimódul-80RA con aislamiento ...

**CABINA DE AUDIO**[\(https://www.acusticaintegral.com/2693/cabinas-de-audio/\)](https://www.acusticaintegral.com/2693/cabinas-de-audio/)

Las Cabinas de Audio de Acústica Integral ofrecen el ambiente acústico ...

**RS7 - 37 dB**[\(https://www.acusticaintegral.com/3857/rs7c-38-db/\)](https://www.acusticaintegral.com/3857/rs7c-38-db/)

La gama de puertas acústicas RS7B y RS7C diseñadas y fabricadas por ...

**RS5C - 46 dB**[\(https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas\\_acusticas\\_rs5c-46-db/\)](https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas_acusticas_rs5c-46-db/)

La gama de puertas acústicas RS5C diseñadas y fabricadas por Acústica ...

**VISORES VRC-VRCS**[\(https://www.acusticaintegral.com/9443/visores-vcrc-vcrcs/\)](https://www.acusticaintegral.com/9443/visores-vcrc-vcrcs/)

Visor acústico especialmente diseñado para su montaje en cabinas ...

**RSR-C - 34 dB**[\(https://www.acusticaintegral.com/6905/rsr-c-34-db/\)](https://www.acusticaintegral.com/6905/rsr-c-34-db/)

La gama de puertas acústica RS diseñadas y fabricadas por Acústica ...

**Cerramiento CX**[\(https://www.acusticaintegral.com/12807/cerramiento-cx/\)](https://www.acusticaintegral.com/12807/cerramiento-cx/)

Cerramientos acústicos autoportantes totalmente adaptados a la maquinaria ...

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#).

Aceptar cookies



## Cerramiento acústico para sala de ensayos de Grupo Electrónico.

INICIO > PROYECTOS > CERRAMIENTO ACÚSTICO PARA SALA DE ENSAYOS DE GRUPO ELECTRÓNICO.

### Cerramientos acústicos a medida.

#### PRESENTACIÓN

**Acústica Integral** está especializada en la realización de cerramientos acústicos de alto rendimiento para industria. Elabora tratamientos a medida según las necesidades de la instalación y requerimientos del cliente.

Este tipo de instalaciones requieren de una alta especialización, ya que se busca poder reducir los niveles sonoros emitidos por la maquinaria industrial, garantizando que la productividad no se vea afectada. El caso que nos ocupa en un banco de pruebas para grupos electrógenos. Este tipo de equipos requieren un alto grado de aislamiento acústico y debido al volumen de la maquinaria, un diseño que facilite la movilidad de los motores de forma adecuada.

El cerramiento acústico está compuesto por diferentes partes, que se han consensuado previamente con el cliente en la fase de diseño, determinando los elementos que formarán parte de la solución definitiva. Para este caso se han incorporado al cerramiento diferentes elementos acústicos: Paneles acústicos modulares de alto aislamiento **Acustimódul-80RA de 35 dB** (<https://www.acusticaintegral.com/712/acustimodul-80ra/>), visores acústicos VRC, puertas acústicas **RS5C 46dB** ([https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas\\_acusticas\\_rs5c-46-db/](https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas_acusticas_rs5c-46-db/)), puerta seccional **RS-HA de 44 dB** (<https://www.acusticaintegral.com/835/rs-ha-31-y-44db/>), silenciadores acústicos de celdillas paralelas **SNA** (<https://www.acusticaintegral.com/868/silenciador-sna/>).

Todos los elementos acústicos que se incorporan al cerramiento, deben garantizar un aislamiento acústico igual o mayor que el del panel. Debemos tener en cuenta que de esta forma se garantiza que el aislamiento acústico mixto de todo el conjunto será como mínimo el del panel.

El panel acústico modular **Acustimódul-80RA** (<https://www.acusticaintegral.com/712/acustimodul-80ra/>) garantiza un alto grado de estanqueidad gracias a su sistema machihembrado. Es muy versátil gracias a sus infinitas posibilidades de montaje y permite adaptarse a cualquier requerimiento del cliente. Los visores acústicos VRC, nos facilitan la visión del interior del cerramiento sin pérdida de aislamiento acústico. Las diferentes puertas acústicas seccionales **RS-HA** (<https://www.acusticaintegral.com/835/rs-ha-31-y-44db/>) y puertas de paso de personal **RS5C** ([https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas\\_acusticas\\_rs5c-46-db/](https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas_acusticas_rs5c-46-db/)), garantizan el aislamiento acústico del cerramiento y permiten tanto el paso de personas como el paso de mercancías o maquinaria. En el caso de los silenciadores acústicos de celdillas paralelas **SNA** (<https://www.acusticaintegral.com/868/silenciador-sna/>) ([http://www.acusticaintegral.com/4797/puertas\\_acusticas\\_rs5c-46-db/](http://www.acusticaintegral.com/4797/puertas_acusticas_rs5c-46-db/)), permiten el paso de aire y los humos que pueda generar el motor, garantizando que no se pierda el aislamiento acústico.

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#).

Aceptar cookies



Se han realizado varios cerramientos acústicos de las mismas características, de forma que se reduzcan los niveles de exposición de ruido de los trabajadores cuando se realicen los ensayos acústicos de los grupos electrógenos.

#### FICHA TÉCNICA INSTALACIÓN

**Proyecto:** Cerramientos acústicos para grupos electrógenos.

**Ref:** O02BC1100881

**Sector:** Industria.

#### Tratamientos:

- Cerramiento acústico mediante paneles **Acustimódul-80RA** (<https://www.acusticaintegral.com/712/acustimodul-80ra/>) lacado RAL 9002.
- Perfilera lacada y estructura de soporte pintada RAL del mismo color.
- Puertas acústica para el paso de motores, seccionales tipo **RS-HA de 44 dB** (<https://www.acusticaintegral.com/835/rs-ha-31-y-44db/>) de aislamiento.
- Puerta acústica para el paso de personal de tipo **RS5C 46dB** ([https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas\\_acusticas\\_rs5c-46-db/](https://www.acusticaintegral.com/4797/puertas_acusticas_rs5c-46-db/)).
- Silenciadores acústicos de celdillas paralelas, **SNA** (<https://www.acusticaintegral.com/868/silenciador-sna/>).

- **Generador eléctrico:**

Electric Generator - Acustimodul - Acoustic modular system

<http://acustimodul.com/generator/>

## **ACUSTIMODUL** Acoustic Modular System

ACOUSTIC SOLUTIONS · MODULAR SYSTEM · ENCLOSURES / CABINS · BARRIERS · CONTACT

### Electric Generator



A generator is a device that converts mechanical energy to electrical energy for use in an external circuit. The source of mechanical energy may vary widely from a hand crank to an internal combustion engine. Generators provide nearly all of the power for electric power grids.

Three solutions are possible thanks to Acustimodul modular system, quick and easy assembly.

Outside Acoustic Cabins



Inside Acoustic Cabins



Acoustic Barriers



© 2020 - Acústica Integral - Making Acoustics

Ilustración A 24. Generador Eléctrico-1

- Puertas acústicas:



PRODUCT SPECIFICATIONS

**SPECIAL RS**

Customised Acoustic Doors



FC-RS Special-EN  
Review 0  
Date: 10/10/2012  
Page 1/1

**PRESENTATION**

**Acústica Integral**, manufacturer of the **RS** acoustic doors, is able to adapt to its clients' requirements and to all kind of installations.  
The R&D department carries out the design and manufacture of special models whether for their dimensions or their shapes and finishes.

**ADVANTAGES**

Maximum adaptability. Acoustic and aesthetic results.

**APPLICATIONS**

- Imitation wood finish.
- Special dimension doors.
- Adaptation to existing works structures. Frame and leaf rounded, inclined, etc.
- Glazed sliding acoustic doors.
- Doors with integrated ventilation louvers.
- Double doors with unequal leaves.



© ACÚSTICA INTEGRAL, S.L. - 2012 - Reserves the right to introduce changes without prior notice.

[www.acusticaintegral.com](http://www.acusticaintegral.com)

+ 34 937 346 564

[international@acusticaintegral.com](mailto:international@acusticaintegral.com)

Ilustración A 25. Puertas Acústicas-1

- **Aislamiento de vibraciones:**

Elementos para el aislamiento de vibraciones en máquinas herramienta... <https://epidor-srt.com/blog/elementos-para-el-aislamiento-de-vibracion...>

Peso y centro de gravedad.

Trabajo que realiza la máquina (produce esfuerzos radiales, axiales, cizalla y torsión).

Entorno de trabajo; es decir, condiciones atmosféricas y espacio disponible.

En este artículo vamos a centrar la atención en el **aislamiento de vibraciones en máquinas herramienta**, una de las tipologías de maquinaria que más vibraciones emite. Funcionan neumática o hidráulicamente; y, cada uno de los actuadores, motores, bombas y la propia herramienta al conformar piezas, producen una serie de vibraciones que es preciso aislar.

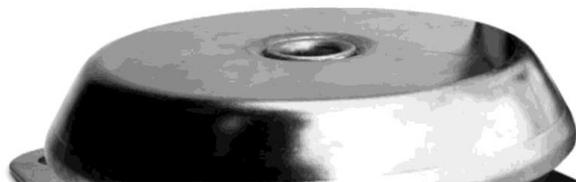
## **Tipos de aislamiento de vibraciones en máquinas herramienta**

Distinguimos dos grupos:

### **Aislamiento de vibraciones de la máquina al suelo**

Uno de los elementos que hay que tener en cuenta en el contacto de la máquina con el suelo es el pie de máquina, un elemento que podemos encontrar en varios materiales. Para maquinaria pesada el más común y aconsejado es el pie de acero con un elemento de elastómero vulcanizado. El acero permite cargas muy elevadas trabajando a compresión y el elastómero, normalmente NR (caucho natural) o NBR (caucho de nitrilo), es el encargado de evitar el paso de las ondas mecánicas de la máquina al suelo.

Otros elementos muy utilizados son los “*V Lager*” y los “*Machine Lager*”. Los “**V Lager**”, o **soportes en forma V**, permiten aislar vibraciones en elementos muy pesados (desde 50 a 3200 Kg en carga axial). Están formados por una caperuza metálica que protege la parte de elastómero y son muy fáciles de instalar debido a su forma. Las durezas de caucho disponibles oscilan entre los 40 a los 65 Shore.





Los “**Machine Lager**”, o **soporte rectangular para máquinas**, aíslan elementos de mucho peso (desde 140 a 1600 Kg en carga axial o de compresión). La posibilidad de resistir la combinación entre cargas a compresión y cargas a cizalla de estos soportes permiten muy buen rendimiento y le proporcionan una larga vida útil al elemento bajo estas condiciones. La instalación de este tipo de elementos es muy sencilla ya que dispone de agujeros y roscas que permiten fijarlo al suelo y a la máquina. Las durezas disponibles oscilan entre los 45 y 70 Shore.

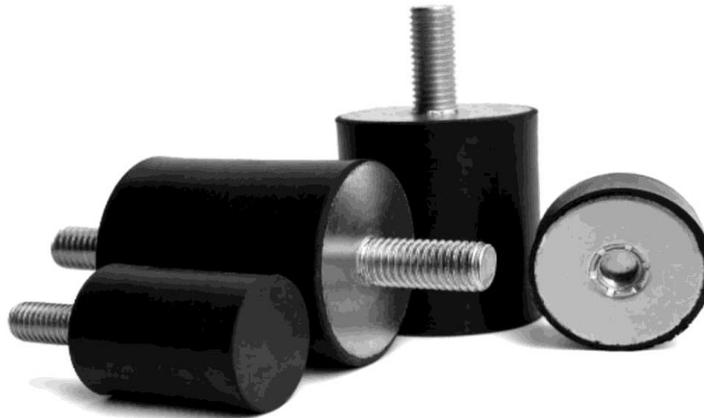


#### **Aislamiento de los componentes dentro de la misma máquina**

Por ejemplo es el caso del aislamiento de la bomba o motor con los otros componentes que forman el despiece de dicha máquina, ya sean electrónicos o mecánicos. Existe una amplia gama de **elementos de aislamiento de vibraciones**.

Los más comunes son los soportes o “*mounts*” dónde en función de la geometría o el espacio que se tenga para montarlos, podemos instalar tres tipos:

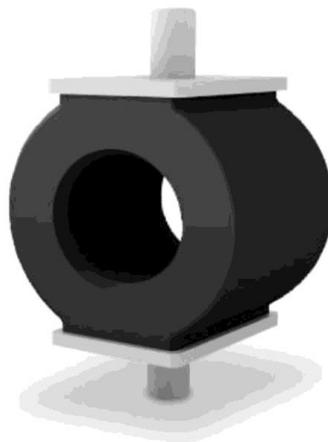
- Tipo A (macho/macho)
- Tipo B (macho/hembra)
- Tipo C (hembra/hembra)



Según la dureza del elastómero (normalmente 45 y 60 Shore), la intensidad y dirección de la carga, tendremos unas cargas máximas admisibles. En este caso la carga admisible máxima se puede dar a nivel axial.

Para el aislamiento de los elementos generadores de vibraciones con la instrumentación que contiene la máquina (electrónica, herramientas, etc), también podemos utilizar “soportes en forma de O”, formados por un anillo de caucho unido a unas placas con tornillos de fijación. Este diseño permite aislar oscilaciones de suspensión en el campo de bajas frecuencias y bajas cargas. Esto sucede a menudo en los aparatos de instrumentación y medición.

Estos soportes poseen diferentes características de muelle en las tres direcciones posibles de deformación, por lo que hay que estudiar qué dirección es la óptima para aislar correctamente la vibración. Están disponibles en NR desde 40 a 60 Shore.





Es fundamental asegurar la calidad de estos elementos, que van a ser determinantes para el buen funcionamiento de la máquina. Además, permiten evitar posibles problemas en la producción, que en caso de producirse podrían suponer importantes pérdidas a nuestros clientes.

Además de contar con muchas otras soluciones estándar para el **aislamiento de vibraciones**, en Epidor SRT tenemos opción de fabricar a petición de cliente, si nos proporciona la información adecuada (aplicación, especificaciones, diagramas esfuerzo/deflexión, etc).

Compartir

*Publicada en Productos*

*Entrada anterior*

**Algunas soluciones de estanqueidad en válvulas**

*Siguiente entrada*

**Juntas tóricas certificadas para válvulas**

*Buscar ...*

#### **Entradas recientes**



Almacenamiento de elastómeros según DIN 7716 e ISO 2230



Concienciación de la formación de instaladores EN 1591-4 ES



¿Dónde nos verás en 2020?



Métodos de Fabricación: del látex a la pieza acabada



## SOPORTES ANTIVIBRATORIOS PARA MÁQUINAS

[Ver todas las noticias](#)

### Soportes antivibratorios para máquinas



*Suspensiones caucho metal, soportes antivibratorios*

Un **aislador de vibraciones** es un soporte elástico que tiene como funcionalidad reducir tanto las vibraciones ambientales que llegan a la máquina como las que genera ella misma. Esto se consigue introduciendo un aislante entre la masa vibrante y la fuente perturbadora, para así reducir la vibración.

#### 01/01/2015

A la hora de elegir el **aislante de vibraciones** más adecuado, tenemos que tener en cuenta varios factores, como conocer la vibración que se produce, el espacio disponible para colocar los aisladores, el peso a soportar por los aisladores o las condiciones ambientales. Una vez definido, podremos seleccionar el tipo de **soporte antivibratorio** más adecuado a nuestras necesidades, entre los que se encuentran básicamente estos tres tipos:

**Elastómeros**, que son los cauchos sintéticos y naturales. Pueden moldearse en formas y rigideces deseadas. En función de su naturaleza y calidad, son aptos para soportar grandes deformaciones para luego volver a su estado original sin sufrir ningún daño. Tienen una extensibilidad excepcional y una gran deformabilidad, por ello pueden utilizarse en alargamientos extremos. Los elastómeros de caucho natural ofrecen las propiedades mecánicas más favorables para el aislamiento, ya que ofrecen una débil disipación energética y esto hace que su transmisibilidad sea siempre inferior a otros cauchos sintéticos. Sus excelentes propiedades mecánicas permiten conseguir soluciones estables en el tiempo. El caucho natural tiene como limitaciones su deterioro bajo la influencia de aceites y temperaturas ambientales elevadas. La optimización de su mezcla favorece su resistencia a rayos UV y al Ozono.

El caucho de silicona es uno de los elastómeros más caros del mercado, pero presenta unas propiedades notablemente estables y proporcionan un aislamiento eficaz en un amplio rango de temperatura.

La mayoría de los aisladores elastoméricos no deben estar sujetos a grandes deformaciones estáticas durante períodos largos de tiempo. Un aislador con una gran deflexión estática puede dar un rendimiento satisfactorio temporalmente, pero la sobrecarga propicia deformaciones permanentes al igual que la rotura de cadenas poliméricas.

Los **aisladores de plástico**, son de bajo coste y presentan una uniformidad excepcional. Los más utilizados son los materiales de polietileno y de estireno. El mayor inconveniente de estos aisladores son sus pobres propiedades mecánicas, es decir, presentan una capacidad inferior de resistir a las cargas o fuerzas al igual que su gran fluencia y deformación permanente. Existen poliuretanos microcelulares que mejoran en gran manera estos inconvenientes anteriormente descritos, para estos últimos elastómeros, es imprescindible que su curva de carga-deformación presente una forma "S", es decir, una sección lineal, otra degresiva y al final progresiva.

**Muelles de metal**. Normalmente se emplean en aplicaciones que requieren grandes deflexiones estáticas. Estos aisladores se utilizan cuando se debe llegar a frecuencias propias muy bajas y se requiere una estabilidad en la deflexión en el tiempo. Su inconveniente es que al tener propiedades de baja disipación energética, se deben de acoplar sistemas de amortiguación que encarecen de gran manera la solución.

El **aislante antivibratorio** más utilizado está fabricado de un elastómero. Siendo el caucho natural el más popular, ya que los dispositivos son capaces de sostener grandes deformaciones y luego volver a su estado original prácticamente sin daños. Los **soportes antivibratorios de caucho metal** son los que mejores características nos ofrecen, además de presentar las mejores utilidades. Podemos encontrar en el mercado **aisladores de caucho** con multitud de formas y tamaños, pero hay que elegir el que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Por ello, antes de instalar un aislador para reducir la vibración, es recomendable realizar un **cálculo antivibratorio** teórico y después acompañarlo de una **medición de vibraciones** y así establecer cuál es la mejor solución para cada caso. Solo de esta manera dispondremos del **soporte antivibratorio** perfecto para nuestro problema y así reducir satisfactoriamente los efectos no deseados derivados de toda vibración.



- Silenciador:  
Silenbox, silenciador modular

<https://www.acusticaintegral.com/858/silenbox/>

Iniciar sesión (<https://www.acusticaintegral.com/page/login/>) | Registrarse (<https://www.acusticaintegral.com/page/register/>)

Español (<https://www.acusticaintegral.com/>)



(+34) 937 346  
info@acusticaintegral.com  
(tel:0034937346564) info@acusticaintegral.com  
(mailto:info@acusticaintegral.com)



## Silenciador acústico modular - SILENBOX

INICIO > PRODUCTOS > SILENBOX

### SILENBOX - Silenciador acústico modular

General | Datos técnicos | Planos | PDF

#### PRESENTACIÓN

Silenciador rectangular modular con dimensiones fijas formado por celdillas paralelas y envoltorio metálico.

#### VENTAJAS

Su dimensionado y modulación permiten obtener silenciadores de dimensiones y eficacia variables mediante la utilización de varios elementos.

#### APLICACIONES

Circuitos de ventilación y aire acondicionado, conductos de aspiración, circuitos de refrigeración de motores eléctricos y compresores, conductos de aireación en cerramientos, cuartos de máquinas, etc.

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#). Aceptar cookies

Iniciar sesión (<https://www.acusticaintegral.com/page/login/>) | Registrarse (<https://www.acusticaintegral.com/page/register/>)

Español (<https://www.acusticaintegral.com/page/register/>)



(+34) 937 346  
(tel:0034937346564) info@acustica  
(mailto:info@acustica.com)



## Productos - Silenciadores

INICIO > PRODUCTOS

Los silenciadores acústicos son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas. Su misión es la de reducir al máximo el ruido transmitido del aire que pasa a través de ellos. Un silenciador acústico debe escogerse utilizando los siguientes criterios de selección.

La atenuación acústica debe ser la mayor posible, no solo a nivel global, sino también espectralmente.

Dependiendo de la velocidad del gas, se exigirán unas condiciones aerodinámicas especiales.

Los materiales que componen el silenciador acústico vendrán determinados por la temperatura y la presión del gas. La durabilidad del conjunto dependerá de la calidad del material seleccionado.

La geometría y dimensiones del silenciador vendrán determinados en cada caso por el espacio disponible, el caudal y la pérdida de carga. Hay situaciones en que el volumen está muy limitado, por ejemplo en el caso de los escapes de aire comprimido.



### Silenciador acústico SNA

(<https://www.acusticaintegral.com/868/silenciador-sna/>)  
Silenciador rectangular dotado de celdillas absorbentes en disposición ...



### SILENBOX

(<https://www.acusticaintegral.com/858/silenbox/>)  
Silenciador rectangular modular con dimensiones fijas formado por celdillas ...



### SR - Rejillas acústicas

(<https://www.acusticaintegral.com/896/sr/>)  
Tomas de aire de profundidad reducida permitiendo su instalación ...

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra política de cookies. [Aceptar cookies](#)



### SNC

(<https://www.acusticaintegral.com/877/snc/>)

Silenciador circular de forma cilíndrica compuesto de material absorbente ...



### SNN

(<https://www.acusticaintegral.com/886/snn/>)

Silenciador circular formado por un núcleo de chapa perforada tipo ...

(<https://www.acusticaintegral.com>)

Fabricación, diseño, comercialización e instalación de materiales acústicos, sistemas de insonorización y servicios de ingeniería acústica.

Disponemos de la experiencia necesaria para resolver todos los problemas de ruido.

### Redes sociales

 (<http://www.youtube.com/user/Acusticaonline>)

 (<https://www.linkedin.com/company/acustica-integral-making-acoustics>)

### Links de interés

- ACUSTIART - Acústica Y Diseño ([Http://www.acustiart.com](http://www.acustiart.com))
- Cabinas, Barreras, Cerramientos... ([Http://www.acustimodul.com/](http://www.acustimodul.com/))
- Puertas, Insonorización... ([Http://www.acousticdoors-rs.com](http://www.acousticdoors-rs.com))
- Paneles, Aislantes, Absorbentes... ([Http://www.paneles-acusticos-aislantes-absorbentes.com](http://www.paneles-acusticos-aislantes-absorbentes.com))
- Ingeniería Acústica ([Http://www.decibel.es](http://www.decibel.es))

### Datos de contacto

Tel.: 937 346 564  
Tel.: 944 466 166  
Tel.: 915 080 684  
Tel.: 961 128 411  
[info@acusticaintegral.com](mailto:info@acusticaintegral.com)  
(<mailto:info@acusticaintegral.com>)

Departamento exportación:  
Tel.: +34 937 346 564  
[international@acusticaintegral.com](mailto:international@acusticaintegral.com)  
(<mailto:international@acusticaintegral.com>)

Barcelona | Bilbao | Madrid | Valencia  
España

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#). Aceptar cookies

Iniciar sesión (<https://www.acusticaintegral.com/page/login/>) | Registrarse (<https://www.acusticaintegral.com/page/register/>)

Español  (<https://www.acusticaintegral.com/>)



 (+34) 937 346  
(tel:0034937346564) [info@acustica.com](mailto:info@acustica.com)  
(mailto:info@acustica.com)

## Silenciador acústico de celdillas - Silenciador acústico SNA

INICIO > PRODUCTOS > SILENCIADOR ACÚSTICO SNA

### Silenciador acústico SNA - Silenciador acústico de celdillas

General | Datos técnicos | Planos | PDF

#### PRESENTACIÓN

Silenciador rectangular dotado de celdillas absorbentes en disposición paralela que permite el flujo de elevados caudales con baja pérdida de carga. Realizado en chapa galvanizada en su envolvente, anclajes y ligaduras intermedias. El material absorbente es de fibra inorgánica incombustible. Las celdillas absorbentes van recubiertas con un velo especialmente diseñado para evitar el desgarro de las fibras que lo componen.

#### VENTAJAS

- Certificado acústico Laboratorio **APPLUS**.
- Excelente relación calidad/precio.
- Amplia gama de modelos para todas las necesidades.
- Fabricación estándar y a medida.
- Embalaje de protección para el transporte.

#### APLICACIONES

Insonorización de cabinas acústicas, cerramientos acústicos, cuartos de máquinas, equipos de climatización, sistemas de ventilación, grupos electrógenos, etc.



Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#).

Aceptar cookies



(<https://www.acusticaintegral.com>)

Fabricación, diseño, comercialización e instalación de materiales acústicos, sistemas de insonorización y servicios de ingeniería acústica.

Disponemos de la experiencia necesaria para resolver todos los problemas de ruido.

### Redes sociales

 <http://www.youtube.com/user/Acusticaonline>

 (<https://www.linkedin.com/company/acustica-integral-making-acoustics>)

### Links de interés

• ACUSTIART - Acústica Y Diseño ([Http://www.acustiart.com](http://www.acustiart.com))

• Cabinas, Barreras, Cerramientos... ([Http://www.acustimodul.com/](http://www.acustimodul.com/))

• Puertas, Insonorización... ([Http://www.acousticdoors-rs.com](http://www.acousticdoors-rs.com))

• Paneles, Aislantes, Absorbentes... ([Http://www.paneles-acusticos-aislantes-absorbentes.com](http://www.paneles-acusticos-aislantes-absorbentes.com))

• Ingeniería Acústica ([Http://www.decibel.es](http://www.decibel.es))

### Datos de contacto

Tel.: 937 346 564  
Tel.: 944 466 166  
Tel.: 915 080 684  
Tel.: 961 128 411  
[info@acusticaintegral.com](mailto:info@acusticaintegral.com)  
(<mailto:info@acusticaintegral.com>)

Departamento exportación:  
Tel.: +34 937 346 564  
[international@acusticaintegral.com](mailto:international@acusticaintegral.com)  
(<mailto:international@acusticaintegral.com>)

Barcelona | Bilbao | Madrid | Valencia  
España

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#). Aceptar cookies

- Certificados
- DIT
- Casos prácticos
- Normativas
- Manual de ventilación
- Catálogos
- Por qué S&P
- Nuestra marca
- Políticas de empresa
- Localización
- Proyectos de referencia
- Calidad
- Innovación
- Sostenibilidad y medio ambiente
- Producción, distribución y logística
- Empleo
- Blog
- S&P PRO
- 

## Silenciadores (atenuadores acústicos)

En S&P te ofrecemos un amplio catálogo de accesorios de montaje para que puedas contar con todos los complementos necesarios para una correcta instalación de un sistema de ventilación. Entre los accesorios que te ofrecemos podrás encontrar silenciadores, atenuadores acústicos que permiten reducir el ruido transmitido por los equipos.

Descubre nuestra gama de silenciadores y elige los que mejor se adapten a tu instalación:

### SIL-CZ, atenuadores en chapa de acero galvanizado

Los atenuadores acústicos de la gama SIL, están diseñados para reducir el ruido

transmitido por los ventiladores. Estos accesorios están fabricados en chapa de acero galvanizado pero bajo pedido también se pueden realizar en acero inoxidable. Los tamaños de estos silenciadores van desde 125mm hasta los 630mm.

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar nuestros servicios y mostrarle información relacionada con nuestros productos mediante el análisis de sus hábitos de navegación. Si continúa navegando, consideramos que acepta su uso.

SIL-CZ0, atenuadores resistentes al fuego

La galvanizada atenuadora SIL-CZ, está fabricada en chapa galvanizada Z200 de 0,8mm de espesor y brida de montaje con tuercas insertadas. Estos atenuadores cuentan con

material fonoabsorbente en lana de roca de 70kg/m<sup>3</sup> de densidad, con velo de protección contra el arrastre de partículas y resistencia al fuego clase M0. Bajo pedido estos atenuadores también se pueden realizar en acero inoxidable.

Para aumentar la atenuación del silenciador puedes optar por el modelo SIL-CZ0, que cuentan con bulbo interno que les permite atenuar al máximo el ruido. Bajo pedido estos modelos puede solicitarse también en acero inoxidable. Los diferentes modelos de SIL-CZ y SIL-CZ0 pueden seleccionarse desde los 400mm de diámetro hasta los 1600mm.

IAA, atenuadores de tipo disipador

Los silenciadores acústicos de tipo disipador de la gama IAA cuentan con baffles paralelos. Todos los modelos de esta gama cuentan con la misma longitud, 1 metro

Mostrar menos

Filtrar



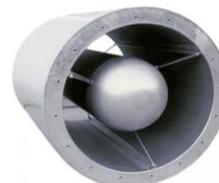
LA



IAA



SIL-CZ



SIL-CZ0

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar nuestros servicios y mostrarle información relacionada con nuestros productos mediante el análisis de sus hábitos de navegación. Si continúa navegando, consideramos que acepta su uso.

Líneas de producto

Permitir

Rechazar

Residencial

Comerci  
Industri  
Aplicaci  
OEM  
Accesor



Dónde comprar **SIL**

**LAF**

Área industrial  
Área de consumo  
Distribución por países

Atención al cliente

Servicio de asesoría técnica (SAT)  
Atención comercial  
Servicio postventa  
Otras consultas

Recursos

EasyVent  
Apps  
Campus  
Hojas técnicas  
Certificados  
Casos prácticos

Normativas

Manual de ventilación

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar nuestros servicios y mostrarle información relacionada con nuestros productos mediante el análisis de sus hábitos de navegación. Si continúa navegando, consideramos que acepta su uso.

Por qué S&P  
Permitir

Rechazar

- Rejillas acústicas:

SR - Rejillas acústicas - Rejillas cústicas - Acústica Integral

<https://www.acusticaintegral.com/896/s>Iniciar sesión (<https://www.acusticaintegral.com/page/login/>) | Registrarse  
(<https://www.acusticaintegral.com/page/register/>)Español   
(<https://www.acusticaintegral.com>)  
(+34) 937 346  
(tel:0034937346564) info@acustica  
(mailto:info@

## Rejillas cústicas - SR - Rejillas acústicas

INICIO &gt; PRODUCTOS &gt; SR - REJILLAS ACÚSTICAS

### SR - Rejillas acústicas - Rejillas cústicas

General Datos técnicos Montaje Planos PDF



#### PRESENTACIÓN

Tomos de aire de profundidad reducida permitiendo su instalación integrada en paredes. Dispone de pasos de aire aerodinámicos mediante lamas inclinadas con chapa perforada y envolvente de chapa galvanizada.

#### VENTAJAS

Son la alternativa a los silenciadores SNA de celdillas cuando hay problema de falta de espacio. Permiten obtener sistemas de ventilación de dimensiones y eficacia variables mediante la utilización de varios elementos.

#### APLICACIONES

Renovación de aire en instalaciones de aire acondicionado y ventilación, salas de transformadores y compresores, cuartos de máquinas de ascensores, grupos generadores y salas de máquinas en general.

*Ilustración A 40. Rejillas acústicas-1*



(<https://www.acusticaintegral.com>)

Fabricación, diseño, comercialización e instalación de materiales acústicos, sistemas de insonorización y servicios de ingeniería acústica.

Disponemos de la experiencia necesaria para resolver todos los problemas de ruido.

## Redes sociales

 (<http://www.youtube.com/user/Acusticaonline>)

 (<https://www.linkedin.com/company/acustica-integral-making-acoustics>)

## Links de interés

- ACUSTIART - Acústica Y Diseño (<Http://www.acustiart.com>)
- Cabinas, Barreras, Cerramientos... (<Http://www.acustimodul.com/>)
- Puertas, Insonorización... (<Http://www.acousticdoors-rs.com>)
- Paneles, Aislantes, Absorbentes... (<Http://www.paneles-acusticos-aislantes-absorbentes.com>)
- Ingeniería Acústica (<Http://www.decibel.es>)

## Datos de contacto

Tel.: 937 346 564  
Tel.: 944 466 166  
Tel.: 915 080 684  
Tel.: 961 128 411  
[info@acusticaintegral.com](mailto:info@acusticaintegral.com)  
(<mailto:info@acusticaintegral.com>)

Departamento exportación:  
Tel.: +34 937 346 564  
[international@acusticaintegral.com](mailto:international@acusticaintegral.com)  
(<mailto:international@acusticaintegral.com>)

Barcelona | Bilbao | Madrid | Valencia  
España

Utilizamos cookies propias y de terceros para mejorar la experiencia de navegación. Al continuar con la navegación entendemos que se acepta nuestra [política de cookies](#). Aceptar cookies

