

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Facultad de Ciencias de la Empresa

Universidad Politécnica De Cartagena

**Máster Interuniversitario En Prevención De Riesgos
Laborales. Universidad De Murcia Y Universidad
Politécnica De Cartagena**

Alumno: Daniel Rosique Serrano

Directora: Dolores Ojados González

Índice:

1.- RESUMEN	7
2.- INTRODUCCIÓN	8
2.1 -Concepto de ruido.....	8
2.2 -Atenuación de ruido	10
2.3 -Lugar de trabajo y equipo generador de ruido.....	11
2.4 -Normativa referente al ruido.....	11
2.4.1 -Real Decreto 286/2006	11
2.4.2 -Real Decreto 1367/2007	22
2.4.3 -NTP 503.....	28
2.4.4 -NTP 270.....	30
2.5 -Fabricación aditiva e impresión 3d	33
3.- OBJETIVOS	35
4.- DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ATENUACIÓN DE RUIDO ...	36
4.1 -Estimación de los parámetros para la realización del prototipo.	36
4.2 -Definición de los componentes físicos a incorporar al prototipo para cumplir con los parámetros definidos.	37
4.3 -Definición de las hipótesis	38
4.4 -Empleo del software CAD necesario para la realización del prototipo.	42
4.5 -Fabricación del prototipo.	43

5.- MEDICIÓN	52
5.1 -Selección del instrumento de medición necesario para el trabajo.	52
5.2 –Estrategia de medición y tipo de ruido a medir	54
5.3 -Medición del nivel de ruido en el equipo.....	55
5.4 -Medición con el prototipo incorporado en el equipo.	56
6.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	70
6.1 -Comprobación de los resultados de las mediciones.....	70
7.- CONCLUSIONES.....	78
8.- BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS	81
9.- ANEXOS	83
9.1 –Elementos fabricados y usados.....	83

Índice de figuras:

Figura 1: Intensidad del sonido percibida por el oído humano.....	8
Figura 2: Representación gráfica de los ruidos continuos, intermitentes y de impactos.....	9
Figura 3: Representación de ruido tonal.....	10
Figura 4: Ejemplo de atenuación de una señal por paso a través de un medio.....	10
Figura 5: Ordenador de los despachos del SAIT.....	36
Figura 6: Parte trasera del ordenador sobre el que se realizarán las pruebas.....	36
Figura 7: Rejilla sobre la cual se medirá el ruido.....	37
Figura 8: Dimensiones establecidas para el diseño de los paneles.....	37
Figura 9: Elemento de unión de paneles.....	38
Figura 10: Juego de paneles de la hipótesis 1.....	39
Figura 11: Paneles perforados.....	39
Figura 12: Paneles perforados superpuestos.....	39
Figura 13: Juegos de paneles de la hipótesis 2.....	40
Figura 14: Cámara anecoica el centro de empresas de las tecnologías de la información y la comunicación de la Universidad de Granada (CETIC-UGR).....	41
Figura 15: Juego de paneles de la hipótesis 3.....	41
Figura 16: Paneles y elemento de unión, de material PLA.....	45
Figura 17: Panel de material ABS-PLUS.....	46
Figura 18: Panel de material FILAFLEX.....	47
Figura 19: Sonómetro SV-102.....	52
Figura 20: Calibrador CEL-120.....	54
Figura 21: Medición de ruido sin aplicar medidas al equipo.....	55
Figura 22: Prototipo hipótesis 1 con panel central PLA.....	56
Figura 23: Medición de ruido con el prototipo de la figura 22.....	56
Figura 24: Prototipo hipótesis 1 con panel central ABS-PLUS.....	57
Figura 25: Medición de ruido con el prototipo de la figura 24.....	57
Figura 26: Prototipo hipótesis 1 con panel central FILAFLEX.....	58
Figura 27: Medición de ruido con el prototipo de la figura 26.....	58
Figura 28: Prototipo hipótesis 2 con panel central PLA.....	59
Figura 29: Medición de ruido con el prototipo de la figura 28.....	59
Figura 30: Prototipo hipótesis 2 con panel central ABS-PLUS.....	60

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Figura 31: Medición de ruido con el prototipo de la figura 30.....	60
Figura 32: Prototipo hipótesis 2 con panel central FILAFLEX.....	61
Figura 33: Medición de ruido con el prototipo de la figura 32.....	61
Figura 34: Prototipo hipótesis 3 con combinación PLA / ABS-PLUS / FILAFLEX.....	62
Figura 35: Medición de ruido con el prototipo de la figura 34.....	62
Figura 36: Prototipo hipótesis 3 con combinación PLA/ FILAFLEX / ABS- PLUS.....	63
Figura 37: Medición de ruido con el prototipo de la figura 36.....	63
Figura 38: Prototipo hipótesis 3 con combinación FILAFLEX / ABS-PLUS / PLA.....	64
Figura 39: Medición de ruido con el prototipo de la figura 38.....	64
Figura 40: Prototipo hipótesis 3 con combinación FILAFLEX / PLA / ABS- PLUS.....	65
Figura 41: Medición de ruido con el prototipo de la figura 40.....	65
Figura 42: Prototipo hipótesis 3 con combinación ABS-PLUS / PLA / FILAFLEX.....	66
Figura 43: Medición de ruido con el prototipo de la figura 42.....	66
Figura 44: Prototipo hipótesis 3 con combinación ABS-PLUS / FILAFLEX / PLA.....	67
Figura 45: Medición de ruido con el prototipo de la figura 44.....	67
Figura 46: Medición de ruido con el panel de material PLA.....	68
Figura 47: Medición de ruido con el panel de material ABS-PLUS.....	68
Figura 48: Medición de ruido con el panel de material FILAFLEX.....	69
Figura 49: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 1.....	70
Figura 50: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 1.....	71
Figura 51: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 1.....	71
Figura 52: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 2.....	72
Figura 53: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 2.....	73
Figura 54: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 2.....	73
Figura 55: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 3.....	74
Figura 56: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 3.....	75
Figura 57: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 3.....	75
Figura 58: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 4.....	76
Figura 59: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 3.....	77
Figura 60: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 3.....	77

Índice de tablas:

Tabla 1: Valores límite de exposición.....	14
Tabla 2: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes.....	25
Tabla 3: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.....	26
Tabla 4: Tabla 3: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.....	26
Tabla 5: Tabla 5: Valores límite de inmisión máximos de ruido aplicables a infraestructuras ferroviarias y aeroportuaria.....	27
Tabla 6: Valores límite de inmisión de ruidos aplicables a infraestructuras portuarias y a actividades.....	27
Tabla 7: Valores límite de ruido transmitido a locales colindantes por actividades.....	28
Tabla 8: Propiedades del material PLA.	44
Tabla 9: Propiedades del material ABS-PLUS.....	45
Tabla 10: Propiedades del material Filaflex	46
Tabla 11: Características de la impresora OBJET 30 PRO.....	48
Tabla 12: Especificaciones técnicas del sonómetro SV-120.....	53
Tabla 13: Especificaciones técnicas del calibrador CEL-120.....	54
Tabla 14: Resultados de la medición de ruido sin aplicar medidas al equipo.....	55
Tabla 15: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de hipótesis 1, con panel central de material PLA.....	57
Tabla 16: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 1, con panel central de material ABS-PLUS.....	57
Tabla 17: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 1, con panel central de material FILAFLEX.....	58
Tabla 18: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel central de material PLA.....	59
Tabla 19: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel central de material ABS-PLUS.....	60

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Tabla 20: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel central de material FILAFLEX.....	61
Tabla 21: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación PLA/ABS-PLUS/FILAFLEX.....	62
Tabla 22: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación PLA/ FILAFLEX /ABS-PLUS.....	63
Tabla 23: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación <i>FILAFLEX / ABS-PLUS / PLA</i>	64
Tabla 24: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación <i>FILAFLEX / PLA / ABS-PLUS</i>	65
Tabla 25: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación ABS-PLUS / PLA / FILAFLEX.....	66
Tabla 26: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación ABS-PLUS / FILAFLEX / PLA.....	67
Tabla 27: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 4, con panel central de material PLA.....	68
Tabla 28: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 4, con panel de material ABS-PLUS.....	69
Tabla 29: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel de material FILAFLEX.....	69
Tabla 30: Resultados de las mediciones de la hipótesis 1.....	70
Tabla 31: Resultados de las mediciones de la hipótesis 2.....	72
Tabla 32: Resultados de las mediciones de la hipótesis 3.....	74
Tabla 33: Resultados de las mediciones de la hipótesis 4.....	76
Tabla 34: Resultados más destacado de cada las hipótesis 1, 2 y 3.....	78

1.-RESUMEN

En los ambientes de oficina con frecuencia se realizan tareas en las que se utilizan equipos que producen un alto nivel de ruido, lo que puede producir problemas en la salud de los trabajadores y por tanto la prevención de riesgos laborales encuentra en este campo una línea de intervención a atender.

Con el fin de reducir el nivel de ruido de equipos informáticos presentes en oficinas, se pretende plantear una posible solución que consistirá en el diseño de un medio capaz de retener el sonido del equipo que emite un nivel alto de ruido. La idea inicial de diseño fue la realización de un prototipo de geometría adaptada que se incorporaría a ese equipo responsable de la emisión de ruido objeto de ser reducida.

Se propone diseñar y fabricar el prototipo mediante fabricación aditiva y comprobar sus efectos como elemento de atenuación de ruido.

2.-INTRODUCCIÓN

2.1-Concepto de ruido

La directiva 2002/49/CE del parlamento europeo y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental define el “ruido como el sonido exterior o sensación auditiva no deseada o nociva generada debido a actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales”. (1)

Siguiendo el concepto de ruido percibido este va ligado al nivel de presión sonora que se percibe, que determina la intensidad del sonido que genera una presión sonora (es decir, del sonido que alcanza a una persona en un momento dado), se mide en decibelios (dB) y varía entre 0 dB el umbral de audición y 120 dB el umbral de dolor (Como se puede ver en la figura 1).

En otras palabras se define el ruido como el nivel sonoro percibido a partir del cual ocasiona molestias o impedimentos en cuanto al entendimiento. Existen varios tipos de ruidos de diferente origen:

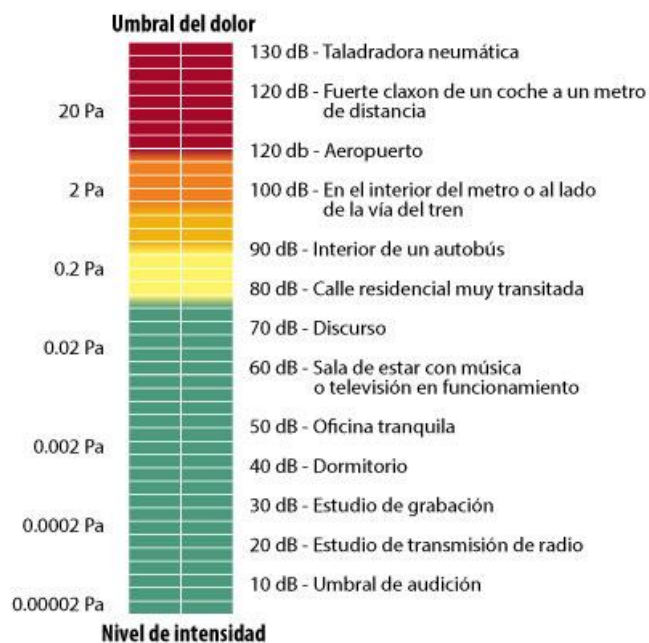


Figura 1: Intensidad del sonido percibida por el oído humano. (2)

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Se pueden encontrar multitud de tipos de ruidos según su duración, origen, tonalidad o aquellos que se utilizan para efectuar medidas estandarizadas, ejemplos de estos tipos son:

- El ruido continuo es aquel cuya intensidad permanece constante o presenta pequeñas fluctuaciones (menores a 5 decibelios) a lo largo del tiempo. Suele estar producido por maquinaria que opera sin interrupción como generadores o equipos de ventilación.(3)
- Ruido intermitente: Es el sonido que se produce a intervalos regulares o irregulares también podemos llamarlo ciclos. El nivel de ruido puede medirse simplemente como un ruido continuo, aunque debería anotarse la duración del intervalo. Ejemplos de esto pueden ser una maquinaria que se activa durante un determinado tiempo. (4)
- Ruido impulsivo o de impacto: Es el ruido caracterizado por la aparición de ascensos bruscos de nivel de presión sonora de duración relativamente breve comparada con el tiempo que transcurre entre ellos y su percepción significa un aumento de la molestia sonora. Es breve y abrupto, y su efecto sorprende causando dicha molestia ya que no se espera. Pueden ser ejemplos de este ruido explosiones o caídas de objeto. (5)

A continuación se puede observar una representación gráfica de estos tres tipos de ruido en la figura 2.

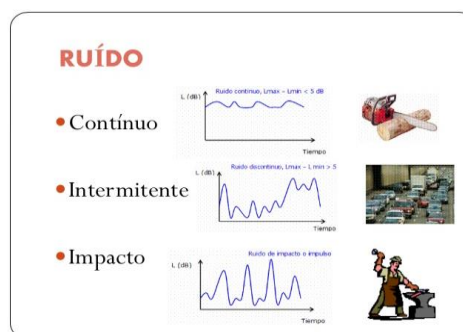


Figura 2: Representación gráfica de los ruidos continuos, intermitentes y de impactos. (6)

- Ruido tonal: Está caracterizado por la presencia de componentes de una determinada frecuencia o banda estrecha que son distinguibles respecto del sonido global, cuya perfección conlleva una molestia asociada. Suele producirse en motores o máquinas rotativas. (7). Podemos ver un gráfico de este tipo de ruido en la figura 3.

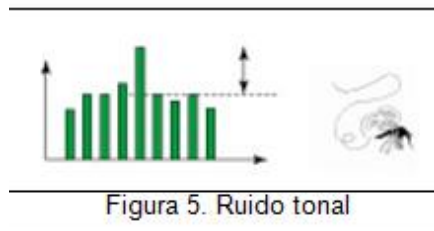


Figura 3: Representación de ruido tonal. (8)

2.2-Atenuación de ruido

La atenuación en general se refiere a la pérdida de potencia de una señal (En el caso que ocupa a este proyecto será el nivel sonoro) debido al paso por un medio de transmisión (Como se observa en la figura 4). Puede aparecer como una atenuación debida a la distancia del foco emisor siendo entonces el reparto de energía de cada onda con el volumen de aire. O en vez de utilizar como medio el aire, usar otro medio para que transite la señal para que pierda a su vez potencia como es el caso de este trabajo con los paneles.

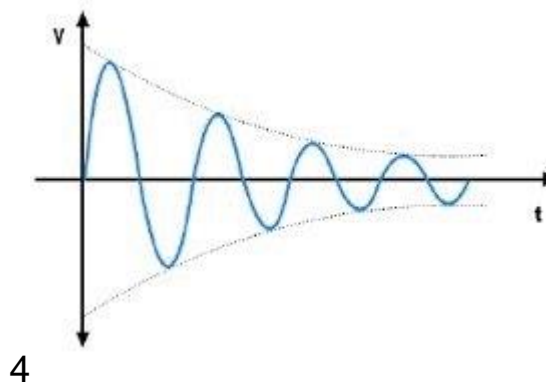


Figura 4: Ejemplo de atenuación de una señal por paso a través de un medio. (9)

2.3-Lugar de trabajo y equipo generador de ruido

El lugar en el que se encuentra el aparato del que se va a medir su emisión de ruido, es en el servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica (SAIT), concretamente en uno de los despachos y el equipo es un ordenador sobremesa. Según la OMS entre 35 y 65 dB, el ruido puede considerarse como molesto y perturbador, por lo que para la realización de las pruebas, se procede a producir un ruido tipo continuo superior a 65 dB.

2.4-Normativa referente al ruido

Para la realización del trabajo se consultaron los siguientes documentos para tener una referencia acerca de la normativa en referencia a protección frente al ruido, objetivos de calidad de emisión de ruido, ruido en oficinas y métodos de evaluación de ruido. Por lo que se ha procedido a transponer la información de los reales decretos y notas técnicas de prevención consultadas:

2.4.1-Real Decreto 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 (10)

Artículo 1. Objeto.

El presente real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para 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.

Artículo 3. Ámbito de aplicación.

1. Las disposiciones de este real decreto se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de su trabajo.

2. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el artículo 1, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este real decreto.

Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición.

1. Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y tendrá en consideración especialmente:

- a) otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse al ruido;
 - b) la elección de equipos de trabajo adecuados que generen el menor nivel posible de ruido, habida cuenta del trabajo al que están destinados, incluida la posibilidad de proporcionar a los trabajadores equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de dichos equipos cuyo objetivo o resultado sea limitar la exposición al ruido;
 - c) la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;
 - d) la información y formación adecuadas para enseñar a los trabajadores a utilizar correctamente el equipo de trabajo con vistas a reducir al mínimo su exposición al ruido;
 - e) La reducción técnica del ruido: 1.º) reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente; 2.º) reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo mediante amortiguamiento o aislamiento;
 - f) programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;
 - g) la reducción del ruido mediante la organización del trabajo: 1.º) limitación de la duración e intensidad de la exposición; 2.º) ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
2. Sobre la base de la evaluación del

riesgo mencionada en el artículo 6, cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización que deberán integrarse en la planificación de la actividad preventiva de la empresa, destinado a reducir la exposición al ruido, teniendo en cuenta en particular las medidas mencionadas en el apartado 1. 3. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, serán objeto de una señalización apropiada de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifique, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a ellos. 4. Cuando, debido a la naturaleza de la actividad, los trabajadores dispongan de locales de descanso bajo la responsabilidad del empresario, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso. 5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 31/1995, el empresario adaptará las medidas mencionadas en este artículo a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles.

Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

1. A efectos de este real decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en la tabla 1:

Tabla 1: valores límite de exposición

Valores límite de exposición	$L_{Aeq,d} = 87$ dB(A)	$L_{pico} = 140$ dB (C)
Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción	$L_{Aeq,d} = 85$ dB(A)	$L_{pico} = 137$ dB (C)
Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción	$L_{Aeq,d} = 80$ dB(A)	$L_{pico} = 135$ dB (C)

2. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

3. En circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que: a) el nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A), y b) se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.

Artículo 6. Evaluación de los riesgos.

1. El empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección 1.^a del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. La medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma. Los datos obtenidos de la evaluación y/o de la medición del nivel de exposición al ruido se conservarán de manera que permita su consulta posterior. La documentación de la evaluación se ajustará a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y en el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

2. Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente (LAeq,d), del nivel de pico (Lpico) y del nivel de exposición semanal equivalente (LAeq,s), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el artículo 5, teniendo en cuenta, si se trata de la comprobación de los valores límite de exposición, la atenuación procurada por los protectores auditivos. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los instrumentos de medición.

3. Entre los métodos de evaluación y medición utilizados podrá incluirse un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición personal de los trabajadores. La forma de realización de las mediciones, así como su número y duración se efectuará conforme a lo dispuesto en el anexo II. Para la medición se utilizarán los instrumentos indicados en el anexo III, los cuales deberán ser comprobados mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones.

4. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con el artículo 6 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y, como mínimo,

cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción. Dichas evaluaciones y mediciones serán realizadas por personal con la debida cualificación, atendiendo a lo dispuesto en los artículos 36 y 37 y en el Capítulo III del Real Decreto 39/1997, en cuanto a la organización de recursos para el desarrollo de actividades preventivas.

5. En el marco de lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos: a) el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos; b) la existencia de equipos de sustitución concebidos para reducir la emisión de ruido; c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el artículo 5; d) en la medida en que sea viable desde el punto de vista técnico, todos los efectos para la salud y seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las sustancias ototóxicas relacionadas con el trabajo, y entre el ruido y las vibraciones; e) todos los efectos indirectos para la salud y la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las señales acústicas de alarma u otros sonidos a que deba atenderse para reducir el riesgo de accidentes; f) la información sobre emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de equipos de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa específica que sea de aplicación; g) cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles a los que se refiere el artículo 25 de la Ley 31/1995; h) la prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario; i) la información apropiada derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible; j) la disponibilidad de protectores auditivos con las características de atenuación adecuadas. 6. En función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar las medidas que deban adoptarse con arreglo a los artículos 4, 7, 8 y 9,

planificando su ejecución de acuerdo con lo establecido en el capítulo II, sección 2.ª del Real Decreto 39/1997.

Artículo 7. Protección individual.

1. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 17.2 de la Ley 31/1995 y en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, de no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido, se pondrán a disposición de los trabajadores, para que los usen, protectores auditivos individuales apropiados y correctamente ajustados, con arreglo a las siguientes condiciones: a) cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales; b) mientras se ejecuta el programa de medidas a que se refiere el artículo 4.2 y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales; c) los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.

2. El empresario deberá hacer cuanto esté en su mano para que se utilicen protectores auditivos, fomentando su uso cuando éste no sea obligatorio y velando por que se utilicen cuando sea obligatorio de conformidad con lo previsto en el apartado 1.b) anterior; asimismo, incumbirá al empresario la responsabilidad de comprobar la eficacia de las medidas adoptadas de conformidad con este artículo.

3. Cuando se recurra a la utilización de equipos de protección individual, las razones que justifican dicha utilización se harán constar en la documentación prevista en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

Artículo 8. Limitación de exposición.

1. En ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición.

2. Si, a pesar de las medidas adoptadas en aplicación de este real decreto, se comprobaran exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá: a) tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición; b) determinar las razones de la sobreexposición, c) corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia; d) informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

Artículo 9. Información y formación de los trabajadores. De conformidad con lo dispuesto en los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995, el empresario velará porque los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a un nivel de ruido igual o superior a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y/o sus representantes reciban información y formación relativas a los riesgos derivados de la exposición al ruido, en particular sobre:

- a) la naturaleza de tales riesgos;
- b) las medidas tomadas en aplicación del presente real decreto con objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados del ruido, incluidas las circunstancias en que aquéllas son aplicables;
- c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción establecidos en el artículo 5;
- d) los resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido efectuadas en aplicación del artículo 6, junto con una explicación de su significado y riesgos potenciales;
- e) el uso y mantenimiento correctos de los protectores auditivos, así como su capacidad de atenuación;
- f) la conveniencia y la forma de detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva;

g) las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta vigilancia de la salud, de conformidad con el artículo 11;

h) las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición al ruido.

Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este real decreto y, en particular, respecto a las indicadas a continuación, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 de la Ley 31/1995:

a) la evaluación de los riesgos y la determinación de las medidas que se han de tomar contempladas en el artículo 6;

b) las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos derivados de la exposición al ruido contempladas en el artículo 4;

c) la elección de protectores auditivos individuales contemplados en el artículo 7.1.

Artículo 11. Vigilancia de la salud.

1. Cuando la evaluación de riesgos prevista en el artículo 6.1 ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, y estos someterse a ésta, de conformidad con lo dispuesto en este artículo y en el artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997.

2. Los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva

que haya adoptado la empresa, lleve a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción cuando la evaluación y la medición previstas en el artículo 6.1 indiquen que existe riesgo para su salud. Dichos controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos a que hace referencia el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997 y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido y la preservación de la función auditiva. Su periodicidad será como mínimo, cada tres años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada cinco años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

3. La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico laboral de los trabajadores sujetos a la misma con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias se ajustará a lo establecido en el artículo 22, apartados 2, 3 y 4, de la Ley 31/1995 y en el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

4. Cuando el control de la función auditiva ponga de manifiesto que un trabajador padece una lesión auditiva diagnosticable, el médico responsable de la vigilancia de la salud evaluará si la lesión puede ser consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. En tal caso:

- a) el médico u otro personal sanitario competente comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente;
- b) por su parte, el empresario deberá:

1. °) revisar la evaluación de los riesgos efectuada con arreglo al artículo 6;

2. °) revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

exigir el uso de los protectores auditivos en el supuesto a que se refiere el apartado 1.a) del artículo 7, durante la revisión de aquellas medidas y hasta tanto se eliminan o reducen los riesgos;

3.º) tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquiera otra medida que se considere necesario para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición;

4. º) disponer una vigilancia sistemática de la salud y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.

Artículo 12. Excepciones.

1. En las situaciones excepcionales en las que, debido a la índole del trabajo, la utilización plena y adecuada de protectores auditivos individuales pueda causar un riesgo mayor para la seguridad o la salud que el hecho de prescindir de ellos, el empresario podrá dejar de cumplir, o cumplir parcialmente, lo dispuesto en los artículos 7.1.a), 7.1.b) y 8.

2. Dicha circunstancia deberá razonarse y justificarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes, y constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales. Además, deberá comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a ésta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, así como el período de tiempo estimado en el que permanecerán las circunstancias que la motivan, a efectos de que aquella pueda comprobar que se dan esas condiciones que justifican la utilización de la excepción. En cualquier caso, el empresario deberá adoptar las medidas técnicas y organizativas que garanticen, teniendo en cuenta las circunstancias particulares, la reducción a un mínimo de los riesgos derivados de ellas. Además, la vigilancia de la salud se realizará de forma más intensa, según se establezca para cada caso en

el protocolo de vigilancia sanitaria específica a que se refiere el artículo 11.2.

2.4.2-Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas (11)

Artículo 1. Objeto y finalidad.

Este real decreto tiene por objeto establecer las normas necesarias para el desarrollo y ejecución de la Ley 37/ 2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Artículo 2. Definiciones.

a) $L_{Aeq,T}$: (Índice de ruido del periodo temporal T): el índice de ruido asociado a la molestia, o a los efectos nocivos, durante un periodo de tiempo T, que se describe en el anexo I.

b) L_{Amax} : (Índice de ruido máximo): el índice de ruido asociado a la molestia, o a los efectos nocivos, producidos por sucesos sonoros individuales, que se describe en el anexo I.

c) $L_{K_{eq},T}$: (Índice de ruido corregido del periodo temporal T): el índice de ruido asociado a la molestia, o a los efectos nocivos por la presencia en el ruido de componentes tonales emergentes, componentes de baja frecuencia y ruido de carácter impulsivo, durante un periodo de tiempo T, que se describe en el anexo I.

d) $L_{K,x}$: (Índice de ruido corregido a largo plazo del periodo temporal de evaluación «x»): el índice de ruido corregido asociado a la molestia, o a los efectos nocivos a largo plazo, en el periodo temporal de evaluación «x», que se describe en el anexo I.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

e) Valor límite: un valor de un índice acústico que no debe ser sobrepasado y que de superarse, obliga a las autoridades competentes a prever o a aplicar medidas tendentes a evitar tal superación. Los valores límite pueden variar en función del emisor acústico, (ruido del tráfico rodado, ferroviario o aéreo, ruido industrial, etc.), del entorno o de la distinta vulnerabilidad a la contaminación acústica de los grupos de población; pueden ser distintos de una situación existente a una nueva situación (cuando cambia el emisor acústico, o el uso dado al entorno).

d) Objetivo de calidad acústica: conjunto de requisitos que, en relación con la contaminación acústica, deben cumplirse en un momento dado en un espacio determinado, incluyendo los valores límite de inmisión o de emisión.

Artículo 16. Objetivos de calidad acústica aplicables al espacio interior.

1. Sin perjuicio de lo establecido en el apartado 2, se establece como objetivos de calidad acústica para el ruido y para las vibraciones, la no superación en el espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, de los correspondientes valores de los índices de inmisión de ruido y de vibraciones establecidos, respectivamente, en las tablas B y C, del anexo II. Estos valores tendrán la consideración de valores límite.

2. Cuando en el espacio interior de las edificaciones a que se refiere el apartado anterior, localizadas en áreas urbanizadas existentes, se superen los valores límite, se les aplicará como el objetivo de calidad acústica alcanzar los valores de los índices de inmisión de ruido y de vibraciones establecidos, respectivamente, en las tablas B y C, del anexo II.

Artículo 17. Cumplimiento de los objetivos de calidad acústica aplicables al espacio interior.

1. Se considerará que se respetan los objetivos de calidad acústica establecidos en el artículo 16, cuando:

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

a) Para cada uno de los índices de inmisión de ruido, L_d , L_e , o L_n , los valores evaluados conforme a los procedimientos establecidos en el anexo IV, cumplen, para el periodo de un año, que:

i) Ningún valor supera los valores fijados en la correspondiente tabla B, del anexo II.

ii) El 97 % de todos los valores diarios no superan en 3 dB los valores fijados en la correspondiente tabla B, del anexo II.

b) Los valores del índice de vibraciones L_{aw} , evaluados conforme a los procedimientos establecidos en el anexo IV, cumplen lo siguiente:

i) Vibraciones estacionarias:

Ningún valor del índice supera los valores fijados en la tabla C, del anexo II.

ii) Vibraciones transitorias.

Los valores fijados en la tabla C, del anexo II podrán superarse para un número de eventos determinado de conformidad con el procedimiento siguiente:

1.º Se consideran los dos periodos temporales de evaluación siguientes: periodo día, comprendido entre las 07:00-23:00 horas y período noche, comprendido entre las 23:00-07:00 horas.

2.º En el periodo nocturno no se permite ningún exceso.

3.º En ningún caso se permiten excesos superiores a 5 dB.

4.º El conjunto de superaciones no debe ser mayor de 9. A estos efectos cada evento cuyo exceso no supere los 3 dB será contabilizado como 1 y si los supera como 3.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

2. Se considerará que, una edificación es conforme con las exigencias acústicas derivadas de la aplicación de objetivos de calidad acústica al espacio interior de las edificaciones, a que se refiere el artículo 20, y la disposición adicional quinta de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, cuando al aplicar el sistema de verificación acústica de las edificaciones, establecido conforme a la disposición adicional cuarta de dicha Ley, se cumplan las exigencias acústicas básicas impuestas por el Código Técnico de la Edificación, aprobado mediante Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

ANEXO II: Objetivos de calidad acústica:

Tabla 2: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes

	Tipo de área acústica (Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m)	Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65

En donde:

- L_{Keq,d} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, corregido, determinado en el período día.
- L_{Keq,e} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, corregido, determinado en el período tarde.
- L_{Keq,n} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, corregido, determinado en el período noche.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Tabla 3: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.

Uso del edificio	Tipo de Recinto	Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
Vivienda o uso residencial	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Hospitalario	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Aulas	40	40	40
	Salas de lectura	35	35	35

ANEXO III: Emisores acústicos. Valores límite de inmisión

Tabla 4: Valores límite de inmisión de ruidos aplicables a nuevas infraestructuras viarias, ferroviarias y aeroportuarias

	Tipo de área acústica	Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	55	55	45
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	60	60	50
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c.	65	65	55
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	68	68	58
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	70	70	60

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Tabla 5: Valores límite de inmisión máximos de ruido aplicables a infraestructuras ferroviarias y aeroportuaria

Tipo de área acústica		Índice de ruido L_{Amax}
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	80
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	85
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c.	88
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	90
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	90

Tabla 6: Valores límite de inmisión de ruidos aplicables a infraestructuras portuarias y a actividades.

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_{K,d}$	$L_{K,e}$	$L_{K,n}$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	50	50	40
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	55	55	45
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c.	60	60	50
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	63	63	53
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	65	65	55

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Tabla 7: Valores límite de ruido transmitido a locales colindantes por actividades

Uso del local colindante	Tipo de Recinto	Índices de ruido		
		$L_{K,d}$	$L_{K,e}$	$L_{K,n}$
Residencial.	Zonas de estancias.	40	40	30
	Dormitorios.	35	35	25
Administrativo y de oficinas.	Despachos profesionales.	35	35	35
	Oficinas.	40	40	40
Sanitario.	Zonas de estancia.	40	40	30
	Dormitorios.	35	35	25
Educativo o cultural.	Aulas.	35	35	35
	Salas de lectura.	30	30	30

2.4.3-NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas ⁽¹²⁾

Debido a que el ruido es uno de los agentes contaminantes mayoritarios en trabajos de oficina y sus efectos no se suelen considerar como graves en estos ambientes sí que pueden producir alteraciones fisiológicas, distracciones, interferencias en la comunicación o alteraciones psicológicas. Como respuesta a ello el INSHT crea esta nota práctica preventiva

Fuentes de ruido

Ruido de los equipos de oficina

Entre estos equipos se incluyen las impresoras, el teléfono, los ordenadores o las fotocopiadoras. Los niveles de ruido medidos varían dependiendo de su funcionamiento y de sus características, por ejemplo, las impresoras láser emiten un ruido apenas medible, mientras que las máquinas de escribir o las impresoras matriciales pueden generar niveles de 70 dBA.

Ruido producido por las personas

Uno de los aspectos que más molestias ocasionan son las conversaciones, sobre todo en las que no se está directamente

implicado, pero que resultan inteligibles. Otras fuentes de ruido son el movimiento de las personas o sus actividades (grapar, dar golpes, etc.).

Valoración del confort acústico

Nivel de presión sonora.

Este es el nivel de presión sonora sin ponderar en todo el rango de frecuencias audibles (20 a 20.000 Hz). Representa el valor instantáneo del nivel de presión sonora. Este índice no proporciona información sobre la variabilidad del ruido, ni sobre su composición espectral.

Nivel de presión sonora ponderado (ponderación A).

Son los valores de presión acústica en todo el rango de frecuencias a los que se aplica la curva de ponderación A para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo. De la misma forma que el anterior, este índice sólo nos proporciona información sobre el nivel de presión sonora.

Nivel sonoro continuo equivalente.

Es el nivel en dBA de un ruido de nivel constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía sonora que el ruido real considerado, durante un período de tiempo T

Medidas de control del ruido

Ruido de los equipos de trabajo:

En muchos casos es posible solucionar el problema sustituyendo los equipos por otros que emitan menos ruido. También es posible evitar la transmisión del ruido encerrando la fuente de ruido, por ejemplo,

utilizando carcasas recubiertas de material absorbente para impresoras, o aislando la fuente, por ejemplo, reuniendo las impresoras en un local especial en el que no haya personas de forma habitual.

2.4.4-NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos ⁽¹³⁾

El objetivo de esta nota técnica preventiva es facilitar una metodología que permita determinar el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, representativo de las condiciones de exposición al ruido, así como el nivel de pico.

Estudio previo

Debe incluir:

- Identificación de todos los puestos de trabajo susceptibles de ser evaluados, exceptuando aquellos cuyo nivel diario equivalente y nivel de pico sean manifiestamente inferiores a 80 dBA y/o 140 dB respectivamente. No se excluirán de la evaluación aquellos puestos en los que existan dudas razonables al respecto.
- Localización de todas las fuentes generadoras de ruido y estimación de los puestos de trabajo a los que afectan.
- Descripción del ciclo de trabajo, esto es, el mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite cíclica y sucesivamente a lo largo de la jornada de trabajo, constituyendo el quehacer habitual del individuo que ocupa dicho puesto.
- El conocimiento de las fuentes generadoras de ruido y de los ciclos de trabajo permitirá, en ocasiones, establecer grupos homogéneos de puestos cuya exposición sea equivalente. Esto puede simplificar el número de mediciones a realizar, extrapolar los datos obtenidos para un puesto de trabajo a todo el grupo homogéneo.

Instrumentos de medición

Sonómetros

Podrán emplearse únicamente para la medición de LpA cuando el ruido sea estable. La lectura promedio se considerará igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (LAeq).

Deben ajustarse a las prescripciones establecidas por la norma CEI-651 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2".

La medición se efectuará con la característica "SLOW" ponderación frecuencial A, procurando apuntar con el micrófono a la zona donde se obtenga mayor lectura, a unos 10 cm de la oreja del operario, y, si es posible, apartando a dicho operario para evitar apantallamientos con su cuerpo. Sonómetros integradores-promediadores Podrán emplearse para la medición del LAeq de cualquier tipo de ruido, siempre que se ajusten a las prescripciones establecidas por la norma CEI-804 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2". Las mediciones se efectuarán con las precauciones mencionadas en el apartado anterior.

Dosímetros

Podrán ser utilizados para la medición del LAeq, de cualquier tipo de ruido, siempre que cumpla como mínimo las prescripciones establecidas en la norma CEI-651 y CEI-804 para los instrumentos del "tipo 2".

En general, se considerará un error de ± 1 dB cuando se utilicen instrumentos del "tipo 2" y ningún error instrumental cuando el aparato sea del "tipo 1".

Metodología de evaluación

Ruido estable

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente en el apartado 4, realizando como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ($L_{Aeq, T}$) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta, así mismo, las características descritas en el apartado 4 y se obtendría directamente el $L_{Aeq, T}$. Como precaución podrían efectuarse un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del periodo T y considerar como $L_{Aeq, T}$ la media aritmética de ellas.

Ruido periódico

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado en el apartado 4. Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente (L_{Aeq}) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El $L_{Aeq, T}$ se calcula entonces a partir del valor medio de los L_{Aeq} obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

Ruido aleatorio

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

Método directo

El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

Método de muestreo

Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

Elección del momento de la medición

Este método exige que las mediciones se efectúen de forma aleatoria en el tiempo. Si se pretende obtener el nivel equivalente de diversos ciclos de trabajo, la elección de los ciclos en los que efectuaremos las mediciones se llevará a cabo mediante la utilización de una tabla de números aleatorios.

Si el periodo en el cual el ruido es aleatorio no corresponde a la totalidad de la jornada laboral, sino que se trata de un subciclo de trabajo, se deberá elegir también de forma aleatoria el momento de la medición.

En el caso en que el ruido aleatorio abarque la totalidad de la exposición del trabajador, la tabla 1 proporciona directamente el día y la hora de la jornada en que se debe efectuar la medición, teniendo en cuenta que la hora real de aplicación estará en función de la hora de inicio de la jornada laboral.

2.5–Fabricación aditiva e impresión 3d

Para empezar se ha diferenciado entre ambos conceptos: la fabricación aditiva hace referencia a aquellos métodos de fabricación por adición de material y utilizados con el objetivo de producir nuevos componentes complejos y durables, mientras que la impresión 3D consiste en fabricación de modelos o piezas finales de modo rápido pero de resolución limitada y normalmente se suele utilizar una forma concreta de técnica aditiva. (14)

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

A continuación se exponen las principales ventajas de cada tipo:

Ventajas de la fabricación aditiva (15)

- Reducción del tiempo de lanzamiento al mercado debido a la rapidez del proceso. Se pueden reducir drásticamente muchas de las fases actuales de lanzamiento y validación, así como flexibilizar su adaptación a las demandas en constante cambio del mercado.
- Personalización de productos con una total flexibilidad en el diseño y construcción. Se pueden producir piezas de prácticamente cualquier forma y sin casi limitaciones geométricas. Como el caso de implantes o prótesis adaptados a las particularidades de cada paciente.
- Ahorro máximo de material, ya que se elimina el desperdicio de material en forma de viruta de mecanizado.
- No se requieren útiles, moldes ni troqueles. Las piezas se producen directamente de un modelo CAD 3D con ausencia total de errores humanos en producción y se pueden fabricar series unitarias sin apenas costes extras.
- Se producen piezas totalmente funcionales y sin porosidad residual.
- Fabricación de estructuras cerradas con libertad de diseño, es posible fabricar piezas con una gran complejidad de forma, con canales internos o estructuras reticulares aligeradas.
- Posibilidad de desarrollar productos multimaterial, ergonómicos o con varios mecanismos integrados en una misma pieza.

Ventajas de la impresión 3d (16)

- Mayor personalización: La aplicación de la impresión 3D es tan amplia como objetos queramos imaginar. De este modo podemos realizar, de manera específica desde un juguete hasta muebles. También cabe destacar que es que partir de un diseño único se puede llevar a cabo una reproducción en serie.
- Ahorro en costes, debido a que favorece la posibilidad de desarrollar un prototipo y determinar previamente su funcionalidad o no. El test para

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

comprobar su funcionalidad resulta más barato que con los métodos tradicionales puesto que evita producciones en serie deficientes. Además, el ahorro también se aplica al transporte ya que el proceso de impresión puede realizarse desde casa o desde la propia empresa.

- Mejora de la comunicación y la creatividad, porque desde que se tiene la idea original hasta que se lleva a cabo hay un margen de tiempo pequeño. Facilita la realización de una amplia variedad de prototipos y la ejecución de un objeto con mayor precisión antes de desarrollarla en tamaño real, incluyendo la posibilidad de incorporar mejoras que o adaptaciones que se necesiten con el proceso ya en marcha.
- Herramienta multidisciplinar, su utilidad es tan amplia como ámbitos industriales y empresariales en los que aplicarla. Incluyendo en las diferentes áreas una mayor capacidad de adaptación a posibles modificaciones o cambios de un objeto con el paso del tiempo.

3.-OBJETIVOS

El objetivo general es la disminución de fuentes de emisión de ruido presentes dentro de un ambiente de oficina, mejorando así el desarrollo del trabajo. En concreto, se pretende obtener un prototipo mediante fabricación aditiva, someterlo a distintas pruebas y comprobar si se consiguen los efectos esperados.

A raíz del objetivo general de este trabajo, aparecen una serie de objetivos secundarios que lo conforman: estudiar, diseñar, fabricar, medir, validar e introducir nuevas técnicas de obtención, partiendo desde el diseño hasta la fabricación, de elementos, capaces de evitar o reducir el ruido emitido por aparatos o equipos normalmente presentes en un espacio de oficina.

Para ello se ha elegido un equipo potencial de emisión de ruido, concretamente una CPU de un ordenador sobremesa y se han diseñado a fin de minimizar las emisiones acústicas producidas por el mismo, posibles soluciones de apantallamiento, mediante elementos obtenidos por impresión 3D con diferentes geometrías diseñadas con metodologías de diseño asistido por ordenador.

4.-DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ATENUACIÓN DE RUIDO

4.1-Estimación de los parámetros para la realización del prototipo

El punto de partida es examinar el equipo elegido para realizar ensayos de medición inicial y limitación de ruido mediante elementos creados con técnicas de fabricación aditiva. Se trata de la CPU de un ordenador ubicado en uno de los despachos del SAIT tal como se muestra en la figura 5



Figura 5: Ordenador de los despachos del SAIT.

Posteriormente se analizó la emisión de ruido para localizar de una forma más exacta el foco principal de emisión dentro de su forma, tamaño y posición. Así se delimitó el área de actuación donde tomar medidas de atenuación de ruido. Éstas medidas consisten en el diseño y fabricación mediante técnicas de impresión 3D con diferentes materiales de paneles con diferentes formas geométricas, ajustados al sitio por el cual se genera el ruido. A continuación en las figuras 6 y 7, se muestra la parte del equipo donde se han realizado la emisión de ruido así como las distintas mediciones.



Figura 6: Parte trasera del ordenador sobre el que se realizarán las pruebas.



Figura 7: Rejilla sobre la cual se medirá el ruido.

4.2-Definición de los componentes físicos a incorporar al prototipo para cumplir con los parámetros definidos

En vista de la rejilla por la cual se ha producido la emisión de ruido, mostrada en el apartado anterior, se establecen unas medidas para todos los paneles que se han fabricado. Como se puede ver en la figura 8:



Figura 8: Dimensiones establecidas para el diseño de los paneles.

Por lo tanto queda establecido que todos los paneles tendrán unas dimensiones de 90mm x 50mm y un espesor de 2,5mm para cada uno. Para el

prototipo se utilizarán tres paneles que estarán unidos por una serie de piezas que a su vez los mantendrán separados 3,5 mm entre ellos (Figura 9).

De los tres paneles que dispondrá el prototipo, el panel central será un panel rectangular de las medidas adoptadas pero que será sustituible para poder realizar el ensayo con tres paneles de distintos materiales obtenidos también con posibles técnicas de impresión 3D diferentes. De esta manera se podrá comprobar la atenuación producida por cada panel según su material, geometría o técnica de obtención.

En el caso de los paneles exteriores, poseen un diseño diferente al central para comprobar la atenuación del sonido debido a su geometría, se han realizado dos juegos de paneles diferentes que se establecerán en las hipótesis a continuación descritas.

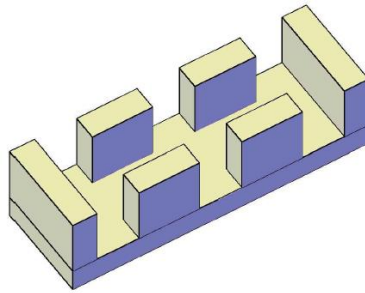


Figura 9: Elemento de unión de paneles.

En el apartado de 9.Anexos se encuentran todos los elementos fabricados con sus vistas y medidas exactas.

4.3–Definición de las hipótesis

Como se ha descrito anteriormente, el prototipo diseñado está compuesto por tres paneles de 90mm x 50 mm, con un espesor de panel de 2.5mm, unidos por una serie de piezas. Por lo tanto a la hora de la medición se han realizado cuatro hipótesis para la unión del dispositivo de atenuación de ruido diseñado.

Hipótesis 1: Prototipo de paneles perforados

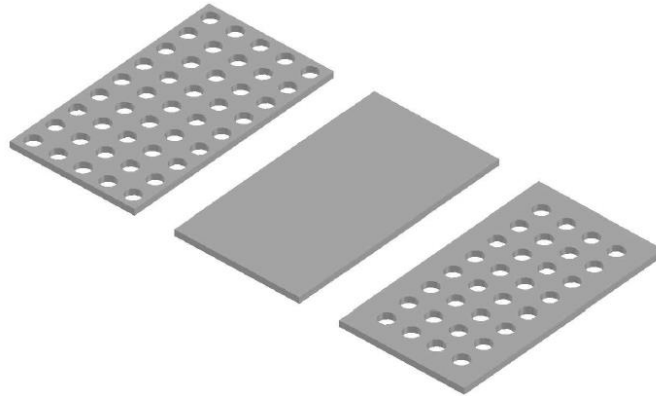


Figura 10: Juego de paneles de la hipótesis 1.

Los paneles exteriores disponen de orificios ordenados en filas y columnas ortogonales (Figura 11), la posición del centro de los orificios en cada uno de estos paneles está impuesta de forma que al superponer los paneles en el montaje del dispositivo, los orificios de ambos no coincidan y queden posicionados de forma alterna, Tal y como se muestra en la figura 12, los orificios del panel de uno de los extremos ocuparán los espacios sólidos del panel del extremo opuesto y viceversa.

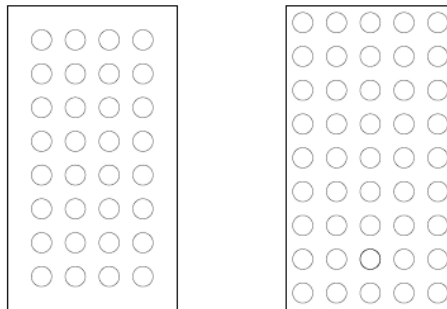


Figura 11: Paneles perforados.

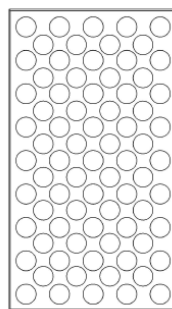


Figura 12: Paneles perforados superpuestos

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

En el caso del panel central, se trata de un panel rectangular sólido sin orificios con espesor de 2.5mm como se indicó anteriormente. Se han fabricado tres paneles de materiales diferentes y en el proceso de medición se ha realizado una con cada uno de los paneles centrales fabricados.

Hipótesis 2: Prototipo de paneles con diseño de geometría en forma de triángulos

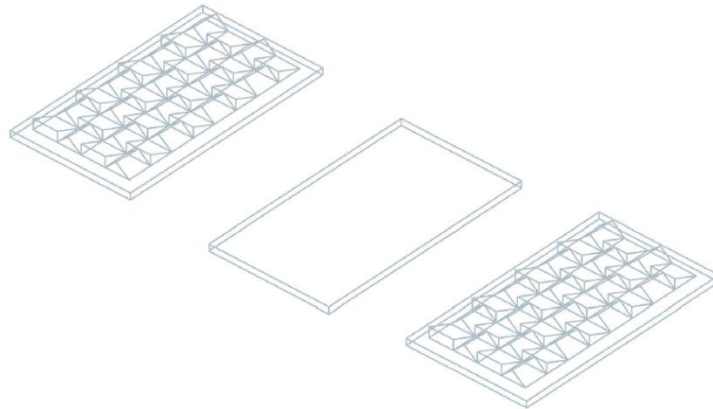


Figura 13: Juegos de paneles de la hipótesis 2.

En este caso los paneles exteriores son iguales con un diseño basado en el de una cámara anecoica (como se muestra en la figura 14), que consiste en un espacio cerrado cuyo objetivo es absorber todos los sonidos emitidos en su interior. Por ello se han dispuesto triángulos con espesores variables que conforman el panel en una especie de retícula capaz de cumplir la función para la que han sido pensados (Figura 13), hacer cambiar la dirección de las ondas sonoras que quedan atrapadas entre ellos, múltiples veces para que su propagación disminuya.

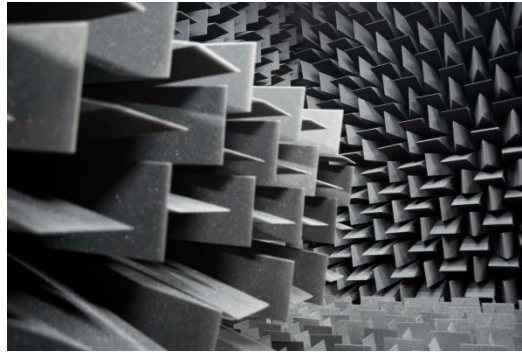


Figura 14: Cámara anecoica el centro de empresas de las tecnologías de la información y la comunicación de la Universidad de Granada (CETIC-UGR) (30)

Al igual que en la hipótesis anterior se han utilizado tres paneles centrales, de diferentes materiales, y se ha comprobado el prototipo con cada uno de ellos.

Hipótesis 3: Prototipo con distintos materiales

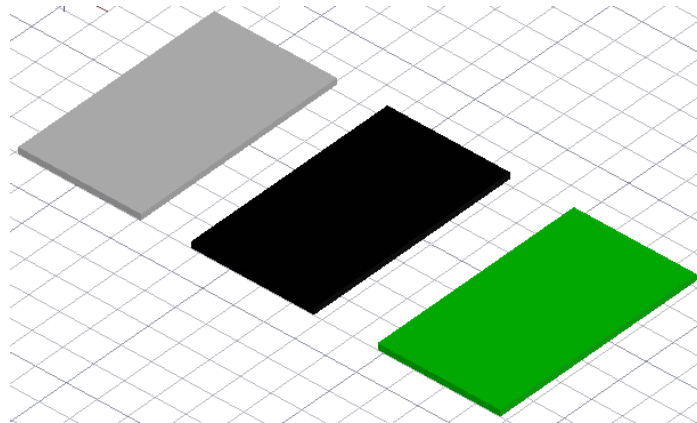


Figura 15: Juego de paneles de la hipótesis 3.

En este caso los tres paneles del prototipo serán los paneles rectangulares de distinto material utilizados para el panel central en las anteriores hipótesis (Figura 15), de forma que se realizará una medición con todas las combinaciones posibles entre los ellos. Efectuando seis pruebas, una por cada combinación entre cada panel de diferente material.

Hipótesis 4: Panel único con distintos materiales

Para este caso se han usado los paneles de distinto material de forma directa sobre la rejilla por la cual sale el ruido. Efectuando tres mediciones, una por cada panel de diferente material.

4.4-Empleo del software CAD necesario para la realización del prototipo

Para el diseño de cada uno de los elementos se han utilizado los softwares de diseño gráfico AutoCAD y SolidWorks. En el caso de AutoCAD se usó para un diseño preliminar, mientras que SolidWorks se usó para realizar el diseño definitivo para su fabricación debido a que es más compatible con los equipos de impresión. A continuación se explican las características principales de cada uno de ellos de una forma muy básica.

SolidWorks es un software de diseño asistido por ordenador (CAD) con diferentes módulos destinados a modelado mecánico en 2D y 3D entre otros, en el caso que ocupa a este trabajo se ha empleado para modelado de piezas y los conjuntos de cada hipótesis del dispositivo ensayado. Éste software permite extraer de las piezas y conjuntos obtenidos a partir de su módulo de diseño mecánico tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. (17)

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Con amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la modelización de objetos en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros. (18)

4.5-Fabricación del prototipo

➤ *Materiales usados para la impresión:*

Ácido poliláctico o PLA

El ácido poliláctico es un es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Se fabrica a partir de recursos renovables al 100%, como son el maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Este termoplástico tiene muchas características equivalentes, e incluso mejores, que muchos de los plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos. (19)

Tabla 8: Propiedades del material PLA. (20)

PLA	
Densidad	1,25 g/cm ³
Módulo de elasticidad (Young)	3.5 GPa
Elongación a la rotura	6%
Módulo de flexión	4 GPa
Resistencia a la flexión	80 MPa
Temperatura de transición vítrea	60°C
Temperatura de deflexión del calor (a 455 kPa)	65°C
Comienzo de fusión	160°C
Módulo de corte	2,4 GPa
Capacidad calorífica específica	1800 J/kg-K
Relación fuerza-peso	40 kN-m/kg
Resistencia a la tracción (UTS)	50 MPa
Conductividad térmica	0,13 W/m-K

Se imprimieron de material PLA los paneles perforados y con estructura triangular de las hipótesis 1 y 2, un panel central y los elementos de sujeción de los prototipos (Figura 16). Todos realizados con la impresora 3d PRUSA I3 HEPHESTOS.

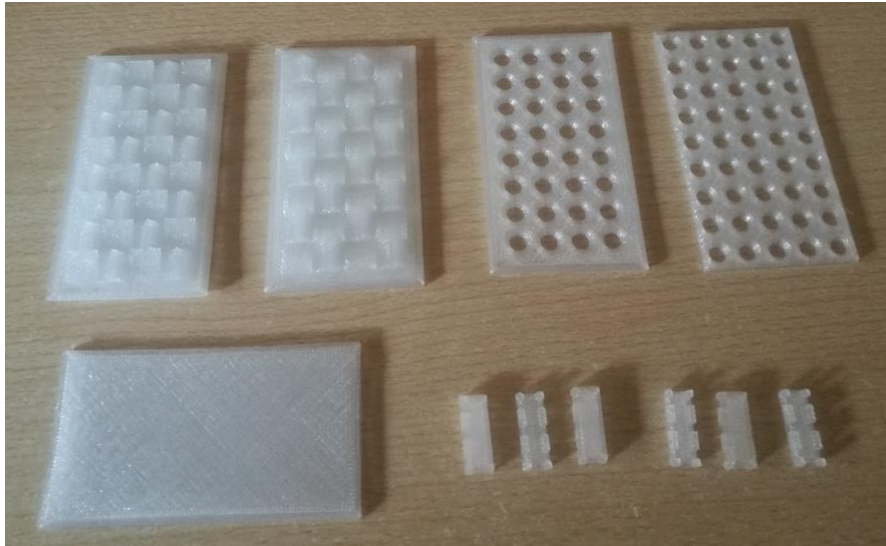


Figura 16: Paneles y elemento de unión, de material PLA.

ABS-PLUS

El ABS es un plástico muy resistente al impacto y uno de los materiales más empleados en la industria. Es un material tenaz, duro y rígido, con una resistencia química aceptable y con una buena estabilidad dimensional. Acepta mecanizados y es receptivo a baños de metales pudiéndose cromar por electrólisis. También se puede emplear para pegar diferentes partes impresas en ABS entre sí y está indicado cuando se necesitan piezas de alta resistencia. (21)

Tabla 9: Propiedades del material ABS-PLUS. (21)

Density :	1,05 g/cm ³ (23°C)
Melt Index :	-
Melting Point :	200°C
Descomposition Temperature :	260°C
Printed Recommended Temperature	230±10°C
Distorsion Temperature :	88°C
Speed :	6mm/min
Impact Resistance :	18kg- cm/cm
Elongation :	20%
Tolerance :	1,75±0,03 / 3,00±0,05
First layer temperature :	240°C
Heat bed temperature :	80°C
Packing dimensions :	235 x 215 x 80 mm
Packing weight :	1.45 kg approx.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Se imprimió un panel central, de material ABS-PLUS (Figura 18) realizado con la impresora 3d DIMENSION BST 1200BS.



Figura 17: Panel de material ABS-PLUS.

FILAFLEX

El Filaflex es un material que presenta una gran elasticidad, un alto coeficiente de fricción y una gran suavidad que lo convierten en un material flexible con unas excelentes propiedades para impresión 3D. Además el filamento FilaFlex Natural es resistente a la gasolina, disolventes y a la acetona. (22)

Tabla 10: Propiedades del material Filaflex. (22)

Property	Unit	Value	Test method according to
Hardness	Shore A	82	DIN ISO 7619-1 (3s)
Density	g/cm ³	1.12	DIN EN ISO 1183-1-A
Tensile strength	MPa	45	DIN 53504-S2
Elongation at break	%	600	DIN 53504-S2
Stress at 20% elongation	MPa	2.5	DIN 53504-S2
Stress at 100% elongation	MPa	6	DIN 53504-S2
Stress at 300% elongation	MPa	10	DIN 53504-S2
Tear strength	N/mm	70	DIN ISO 34-1Bb
Abrasion loss	mm ³	25	DIN ISO 4649-A
Compression set 23°C / 72 hours	%	25	DIN ISO 815
Compression set 70°C / 24 hours	%	45	DIN ISO 815
Tensile strength after storage in water at 80°C for 42 days	MPa	32	DIN 53504-S2
Tensile strength after storage in water at 80°C for 42 days	MPa	32	DIN 53504-S2
Elongation at break after storage in Water at 80°C for 42 days	%	600	DIN 53504-S2
Notched impact strength (Charpy) at +23°C	kJ/m ²	kB	DIN EN ISO 179-1
Notched impact strength (Charpy) at -30°C	kJ/m ²	kB	DIN EN ISO 179-1

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Se imprimió un panel central, de material FILAFLEX (Figura 20) realizado con la impresora 3d PRUSA I3 HEPHESTOS.



Figura 18: Panel de material FILAFLEX.

➤ Equipos de impresión utilizados:

Impresora OBJET 30 PRO

La impresora objet30 Pro une la precisión y versatilidad de una máquina de prototipado rápido de alto nivel con el pequeño espacio necesario para una impresora 3D de sobremesa. La tecnología PolyJet, hace posible usar hasta ocho materiales de impresión 3D distintos, entre ellos los materiales transparentes, de alta temperatura y que emulan el polipropileno, y ofrece el mayor nivel de resolución de impresión del sector para conseguir superficies suaves, piezas móviles y paredes delgadas. Con un amplio tamaño de bandeja de 300mm x 200mm x 150 mm,

Por ultimo subrayar que su uso es ideal para prototipado de bienes de consumo, electrónica de consumo, dispositivos médicos, etc. Ofreciendo la capacidad de crear modelos realistas con propiedades especializadas internamente, de forma fácil y rápida. (23)

Características de la impresora OBJET 30 PRO.

Tabla 11: Características de la impresora OBJET 30 PRO (23)

Object30 Pro	
Tamaño máximo del modelo (XYZ)	294x192x148.6 mm
Tamaño del sistema	826x600x620 mm
Peso del sistema	106 Kg
Espesor de capa	28 micras
	16 micras
Precisión	Para material VeroClear
	1.1 mm
Opciones de materiales de modelo	<ul style="list-style-type: none"> • Rígido y opaco: VeroWhitePlus, VeroGray™, VeroBlue™, VeroBlack™, VeroBlackPlus™ • Transparente VeroClear™ • Polipropileno simulado: Rigur™, Durus™ • Alta temperatura
Opciones de materiales digitales	-
Materiales de soporte	SUP705 (se elimina con un chorro de agua)
Software	SUP706B (soluble) Object Studio™

Impresora DIMENSION BST 1200BS.

La impresora 3D 1200es permite la realización de grandes piezas funcionales y durables, para pruebas y evaluación bajo condiciones reales. Utiliza la tecnología FDM y su material soporte de retira de la forma breakaway, que permite que el soporte pueda ser removido fácilmente de forma manual en las piezas fabricadas. (24)

La tecnología FDM (Deposición de material Fundido) es una de las más simples de las opciones que existen actualmente para la realización de prototipos. Este tipo de sistemas calientan un hilo de termoplástico de diferentes materiales (ABS, PC, PCABS) y lo extruyen a través de una boquilla

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

situada en un cabezal. Este cabezal va imprimiendo por capas hasta completar los prototipos. Para sustentar las zonas en voladizo de la pieza, la máquina deposita un segundo material de soporte que se elimina por medios mecánicos o solubles. De esta forma se pueden obtener prototipos funcionales realizados en materiales termoplásticos, excelentes para ensayos y montajes e incluso algunos materiales con una resistencia a altas temperaturas (200°C), y que dependiendo de la función del objeto prototipado a satisfacer dentro de su ensamblaje o posición de funcionamiento, pueden comportarse como pieza final.

(25)

Características de la impresora DIMENSION BST 1200BS (24)

- Material modelado:
ABSPLUS en marfil, blanco, negro, rojo, verde, oliva, nectarina, amarillo, fluorescente, azul o gris
- Material de soporte:
Soluble Support Technology (Tecnología de soporte soluble) o Breakaway Support Technology (Tecnología de ruptura de soporte)
- Medidas:
254x254x305 mm
- Grosor de la capa:
0.254 mm o 0.33 mm de material de soporte y modelado ABSPLUS depositado con precisión.
- Compatibilidad con la estación de trabajo:
Windows^R XP / Windows Vista^R
- Conectividad de red:
Ethernet TCP/IP 10/100Base-T
- Requisitos de alimentación eléctrica:
110-120 V de CA, 60 Hz, circuito exclusivo de 15 A como mínimo / 220-240 V de CA, 50/60 Hz, circuito exclusivo de 7 A como mínimo.
- Cumplimiento de normativas:
CE / ETL

Impresora PRUSA I3 HEPHESTOS

La impresora 3D Prusa i3 Hephastos es un proyecto que toma la base de la Prusa i3 y añade varias mejoras extraídas de otras impresoras como la PowerCode. La principal novedad de esta impresora son sus cadenas portacables, que permiten recoger los cables cómodamente en la parte superior y trasera, logrando que no interfieran en los movimientos de la impresora. (26)

También proporciona una mayor protección frente a quemaduras, al eliminar la cama caliente e introducir un protector sobre el extrusor. Lo que hace que su consumo baje a 60 W.

Características de la impresora PRUSA I3 HEPHESTOS (27)

➤ Dimensiones y peso:

Dimensiones impresora: 460x370x510 mm (sin bobina PLA)

460x370x583 mm (con bobina PLA)

Dim. Área de impresión: 215x210x180 mm

Dim. Caja: 408x425x233 mm

Peso de la caja: 11 Kg

➤ Resolución de capas:

Muy alta: 60 micras

Alta: 100 micras

Media: 200 micras

Baja: 300 micras

➤ Velocidad de impresión:

Velocidad: 40-60 mm/s

Velocidad recomendada recomendada: 80-100 mm/s

➤ Electrónica:

Ramps 1.4

Mega 2560

Pantalla LCD con encoder rotativo con pulsador para la navegación

Base fría de cristal tamaño 220x220x3 mm

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Fuente de alimentación de 220AC 12 DC 100W

Termistores 100k en extrusor

Cartucho calefactor 40W 12V

➤ Mecánica general:

Marco y base de aluminio pintado al polvo

Barras de cromo duro para los carros X,Y,Z

Rodamiento lineal de bolas LM8UU para X,Y,Z

Cadenas portacables Igus

Acoplamiento flexible para varillas roscadas del eje Z

Sistema de cambio rápido de base de impresión con clips

Ventiladores brushless axiales con rodamientos de bolas

Piezas impresas en PLA

➤ Mecánica extrusor:

Extrusor de diseño propio

Boquilla de 0.4 mm para filamento de 1.75 mm

Disipador de aletas con ventilador axial

Tobera de refrigeración de pieza

➤ Software:

Firmware derivado de Marlin

Entorno recomendado: Cura Dofware, slic3r, Repetier, Kisslicer

Archivos admitidos: .gcode

Sistemas operativos: Windows XP y superiores, Mac OS X y superiores y Linux

➤ Comunicaciones:

Lector de tarjetas SD

Puerto USB tipo B

➤ Seguridad:

Extrusor protegido con piezas de diseño propio

➤ Materiales de impresión:

PLA, HIPS, FilaFlex entre otros

5.-MEDICIÓN

5.1-Selección del instrumento de medición necesario para el trabajo

Para la medición se ha utilizado un sonómetro proporcionado por el Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica de la UPCT, marca SV-102 (Como se muestra en la figura 21). Este tipo de sonómetro es de clase 2 y está certificado conforme con la ITC/2845/2007 y conforme al Real Decreto 286/2006. Este tipo de sonómetros de clase 2 se usa sobre todo en mediciones habituales para labores de campo.



Figura 19: Sonómetro SV-102.

Dispone de 2 canales con análisis en bandas de 1/1 octava en tiempo real, suponiendo una auténtica revolución en materia de ruido ocupacional. Además puede ser usado con dos micrófonos a la vez, para así poder recabar resultados en función del oído de la persona que lo lleve incorporado. Pudiendo medir el nivel sonoro en ambos oídos a la vez.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Para el calibrado se ha usado un calibrador acústico CEL-120 (Figura 20).



Figura 20: Calibrador CEL-120

Tabla 13: Especificaciones técnicas del calibrador CEL-120 (29)

Especificaciones Técnicas	
Tipo:	CEL-120/1: Calibrador según UNE-EN 60942: 2005, ANSI S1.40: 2006 Clase 1, Orden ITC2845/2007 CEL 120/2: Calibrador según UNE-EN 60942: 2005, ANSI S1.40: 2006 Clase 2, Orden ITC2845/2007
Nivel de presión acústica de calibración (sobre rango ambiental):	CEL-120/1: 114,0dB \pm 0,4dB y 94,0dB \pm 0,4dB CEL 120/2: 114,0dB \pm 0,6dB
Nivel de calibración (condiciones referencia)	CEL-120/1: 114,0 dB \pm 0,25 dB y 94,0 dB \pm 0,25 dB, CEL-120/2: 114,0 dB \pm 0,35 dB
Frecuencia Calibración	1kHz \pm 1Hz
Distorsión Harmónica	Inferior a 1,0 %
Batería:	2 x 1.5V AAA (LR03)
Vida de la batería:	Vida operacional típica de 2 años
Dimensiones:	75,5 mm x 54,0 mm x 37,0mm
Peso:	85g incluyendo baterías

5.2–Estrategia de medición y tipo de ruido a medir

Para cada una de las pruebas se ha establecido una serie de mediciones de 6 ciclos de 30 segundos cada una. Se tendrá en cuenta a nivel de resultados el nivel sonoro equivalente, así como el máximo y mínimo de cada una de las mediciones. Antes y después de cada medición se calibrará el sonómetro con el calibrador acústico CEL-120.

El tipo de ruido con el que se ha realizado cada una de las pruebas es un ruido estable producido por un ventilador integrado en la CPU del ordenador estudiado.

5.3-Medición del nivel de ruido en el equipo

El captador de sonido del sonómetro se coloca a 30 mm de la rejilla por la cual se emite el ruido como se muestra en todas las mediciones. En primer lugar se ha tomado una medida del ruido que generó sin utilizar ninguna medida de atenuación para comprobar cuál era el nivel sonoro a reducir (Figura 21).

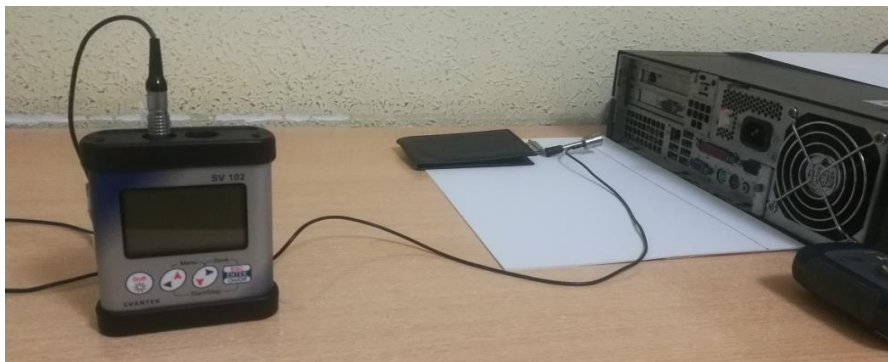


Figura 21: Medición de ruido sin aplicar medidas al equipo.

Tabla 14: Resultados de la medición de ruido sin aplicar medidas al equipo.

Max	Eq	Min
79,9 dB	79 dB	78,2 dB

5.4-Medición con el prototipo incorporado en el equipo

A continuación se han llevado a cabo las diferentes mediciones en cada una de las situaciones planteadas en las distintas hipótesis descritas en el apartado 4.3:

Hipótesis 1: Prototipo de paneles perforados

- *Con panel central de material PLA*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 22 y el momento de la medición en la figura 23. En la tabla 15 se han expuesto los resultados de la medición.

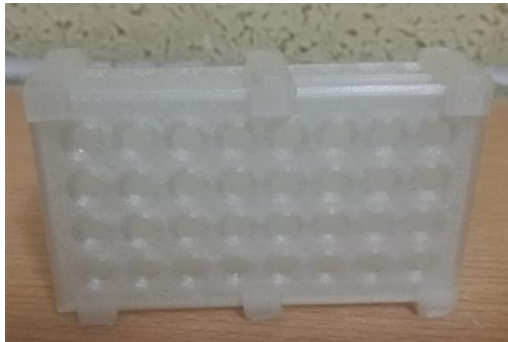


Figura 22: Prototipo hipótesis 1 con panel central PLA.



Figura 23: Medición de ruido con el prototipo de la figura 22.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Tabla 15: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 1, con panel central de material PLA.

Max	Eq	Min
76,9 dB	76 dB	75,1 dB

- Con panel central de material ABS-PLUS

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 24 y el momento de la medición en la figura 25. En la tabla 16 se han expuesto los resultados de la medición.

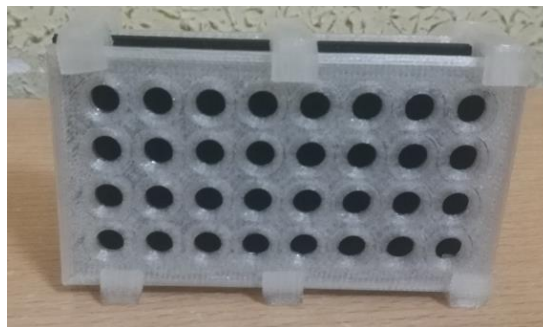


Figura 24: Prototipo hipótesis 1 con panel central ABS-PLUS.

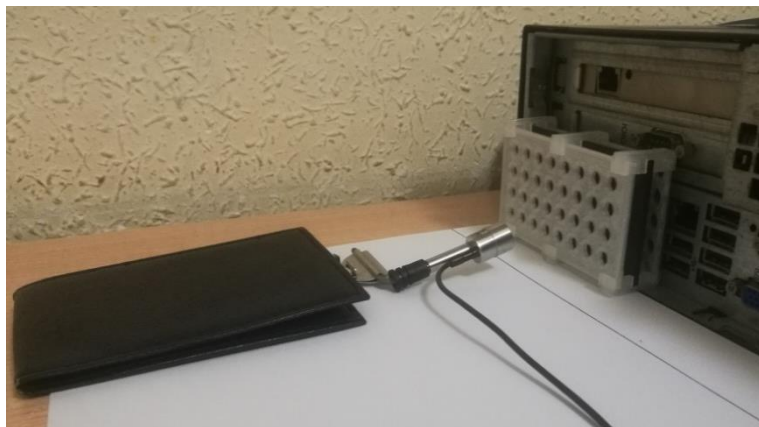


Figura 25: Medición de ruido con el prototipo de la figura 24.

Tabla 16: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 1, con panel central de material ABS-PLUS

Max	Eq	Min
76,8 dB	75,9 dB	74,9 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- *Con panel central de material FILAFLEX*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 26 y el momento de la medición en la figura 27. En la tabla 17 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 26: Prototipo hipótesis 1 con panel central FILAFLEX.



Figura 27: Medición de ruido con el prototipo de la figura 26.

Tabla 17: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 1, con panel central de material FILAFLEX

Max	Eq	Min
76,9 dB	76 dB	75,2 dB

Hipótesis 2: Prototipo de paneles con diseño de geometría en forma de triángulos

- Con panel central de material PLA

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 28 y el momento de la medición en la figura 29. En la tabla 18 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 28: Prototipo hipótesis 2 con panel central PLA.



Figura 29: Medición de ruido con el prototipo de la figura 28.

Tabla 18: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel central de material PLA.

Max	Eq	Min
75,8 dB	74,9 dB	74 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- *Con panel central de material ABS-PLUS*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 30 y el momento de la medición en la figura 31. En la tabla 19 se han expuesto los resultados de la medición.

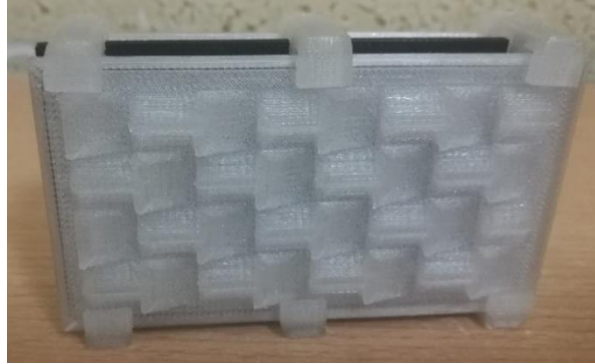


Figura 30: Prototipo hipótesis 2 con panel central ABS-PLUS.



Figura 31: Medición de ruido con el prototipo de la figura 30.

Tabla 19: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel central de material ABS-PLUS

Max	Eq	Min
75,6 dB	74,8 dB	73,9 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- Con panel central de material FILAFLEX.

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 32 y el momento de la medición en la figura 33. En la tabla 20 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 32: Prototipo hipótesis 2 con panel central FILAFLEX.



Figura 33: Medición de ruido con el prototipo de la figura 32.

Tabla 20: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 2, con panel central de material FILAFLEX.

Max	Eq	Min
75,9 dB	75 dB	74,1 dB

Hipótesis 3: Prototipo con distintos materiales

- *Combinación PLA / ABS-PLUS / FILAFLEX*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 34 y el momento de la medición en la figura 35. En la tabla 21 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 34: Prototipo hipótesis 3 con combinación PLA / ABS-PLUS / FILAFLEX.



Figura 35: Medición de ruido con el prototipo de la figura 34.

Tabla 21: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación PLA / ABS-PLUS / FILAFLEX.

Max	Eq	Min
76,1 dB	75,3 dB	74,3 dB

- *Combinación PLA/ FILAFLEX / ABS-PLUS*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 36 y el momento de la medición en la figura 37. En la tabla 22 se han expuesto los resultados de la medición.

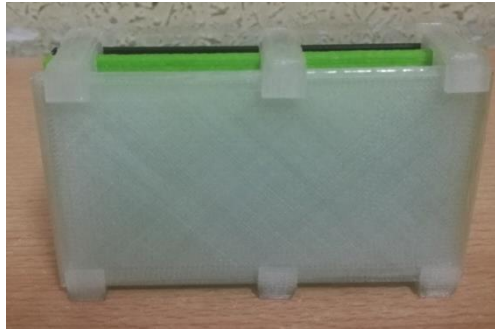


Figura 36: Prototipo hipótesis 3 con combinación PLA / FILAFLEX / ABS-PLUS.



Figura 37: Medición de ruido con el prototipo de la figura 36.

Tabla 22: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación PLA / FILAFLEX / ABS-PLUS.

Max	Eq	Min
75,9 dB	75 dB	74,1 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- *Combinación FILAFLEX / ABS-PLUS / PLA.*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 38 y el momento de la medición en la figura 39. En la tabla 23 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 38: Prototipo hipótesis 3 con combinación *FILAFLEX / ABS-PLUS / PLA*.



Figura 39: Medición de ruido con el prototipo de la figura 38.

Tabla 23: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación *FILAFLEX / ABS-PLUS / PLA*.

Max	Eq	Min
76 dB	75,1 dB	74,2 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- *Combinación FILAFLEX / PLA / ABS-PLUS.*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 40 y el momento de la medición en la figura 41. En la tabla 24 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 40: Prototipo hipótesis 3 con combinación FILAFLEX / PLA / ABS-PLUS.



Figura 41: Medición de ruido con el prototipo de la figura 40.

Tabla 24: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación *FILAFLEX / PLA / ABS-PLUS*.

Max	Eq	Min
76 dB	75,1 dB	74,2 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- *Combinación ABS-PLUS / PLA / FILAFLEX.*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 42 y el momento de la medición en la figura 43. En la tabla 25 se han expuesto los resultados de la medición.

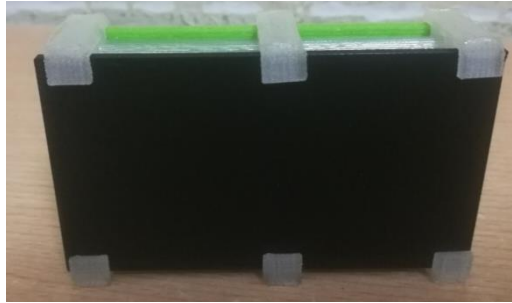


Figura 42: Prototipo hipótesis 3 con combinación ABS-PLUS / PLA / FILAFLEX.



Figura 43: Medición de ruido con el prototipo de la figura 42.

Tabla 25: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación ABS-PLUS / PLA / FILAFLEX.

Max	Eq	Min
76 dB	75,1 dB	74,2 dB

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- *Combinación ABS-PLUS / FILAFLEX / PLA.*

A continuación se muestra el prototipo montado en la figura 44 y el momento de la medición en la figura 45. En la tabla 26 se han expuesto los resultados de la medición.

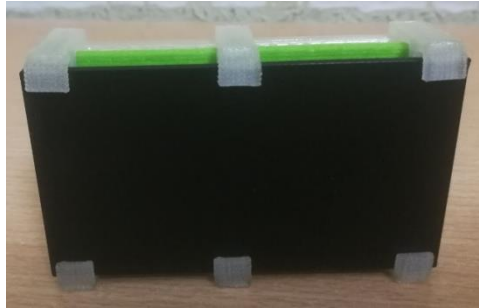


Figura 44: Prototipo hipótesis 3 con combinación ABS-PLUS / FILAFLEX / PLA.



Figura 45: Medición de ruido con el prototipo de la figura 44.

Tabla 26: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 3, con combinación ABS-PLUS / FILAFLEX / PLA.

Max	Eq	Min
75,8 dB	74,9 dB	74 dB

Hipótesis 4: Panel único con distintos materiales

- *Con panel de material PLA*

A continuación el momento de la medición en la figura 46. En la tabla 27 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 46: Medición de ruido con el panel de material PLA.

Tabla 27: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 4, con panel de material PLA.

Max	Eq	Min
74 dB	73,1 dB	72,1 dB

- *Con panel de material ABS-PLUS*

A continuación el momento de la medición en la figura 47. En la tabla 28 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 47: Medición de ruido con el panel de material ABS-PLUS.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

Tabla 28: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 4, con panel de material ABS-PLUS

Max	Eq	Min
73,5 dB	72,5 dB	71,5 dB

- Con panel de material FILAFLEX

A continuación el momento de la medición en la figura 48. En la tabla 29 se han expuesto los resultados de la medición.



Figura 48: Medición de ruido con el panel de material FILAFLEX.

Tabla 29: Resultados de la medición de ruido con el prototipo de la hipótesis 4, con panel de material FILAFLEX.

Max	Eq	Min
73,8 dB	72,8 dB	71,8 dB

6.-ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1-Comprobación de los resultados de las mediciones

- Hipótesis 1: Prototipo de paneles perforados

Tabla de resultados de las mediciones:

Tabla 30: Resultados de las mediciones de la hipótesis 1.

HIPÓTESIS	EQ	MIN	MAX
MEDICIÓN DEL RUIDO SIN ALTERAR	79	78,2	79,9
H1 PLA	76	75,1	76,9
H1 ABS-PLUS	75,9	74,9	76,8
H1 FILAFLEX	76	75,2	76,9

Representación gráfica de los resultados:

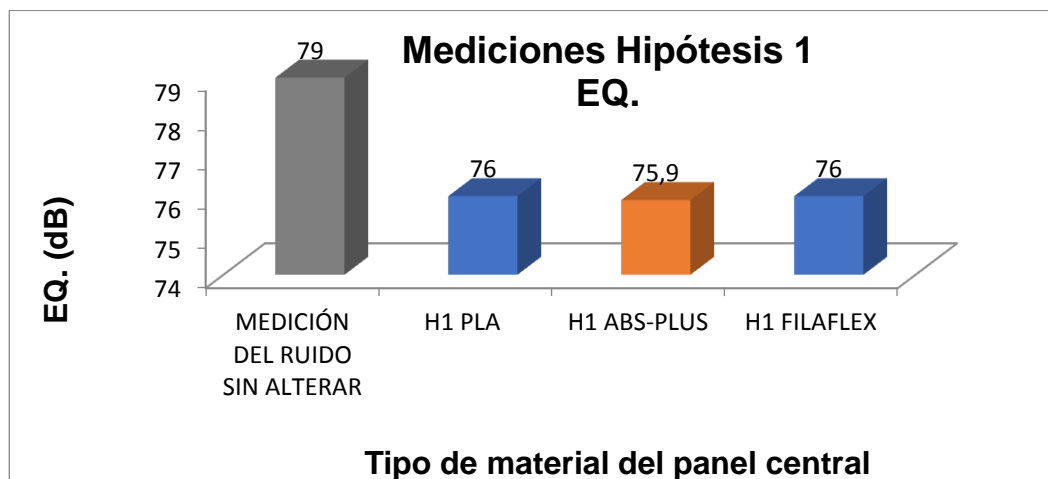


Figura 49: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 1.

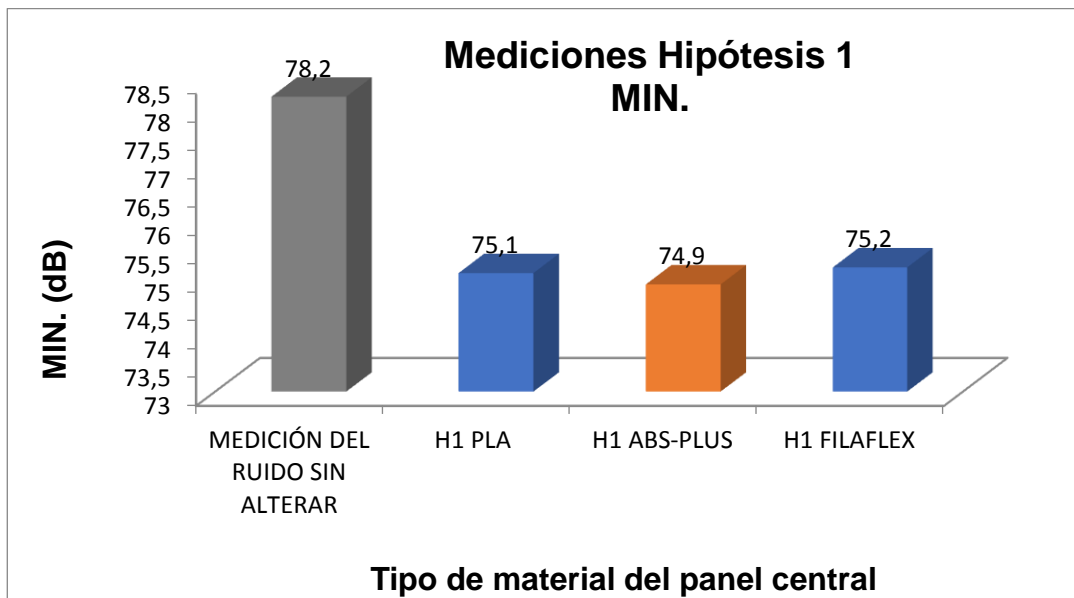


Figura 50: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 1.

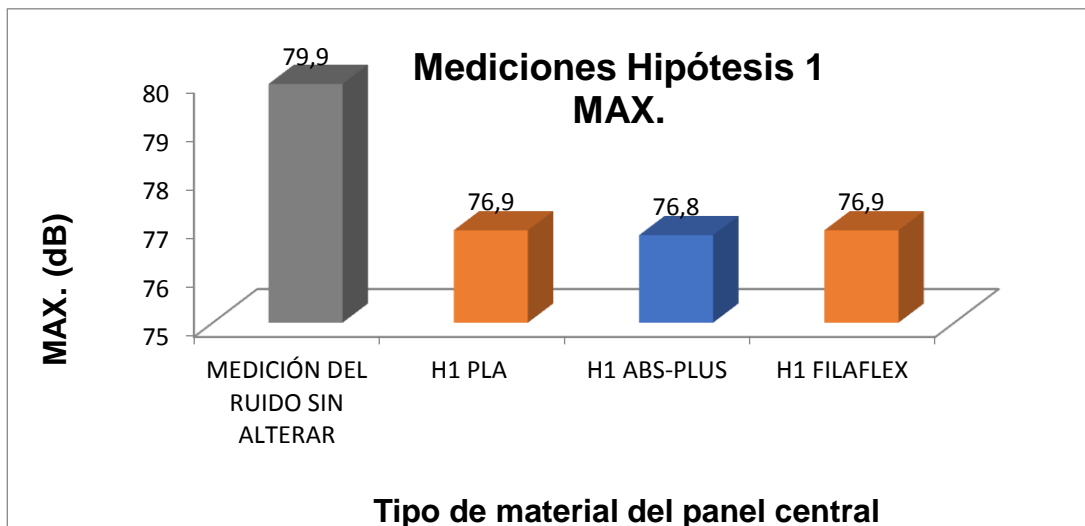


Figura 51: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 1.

En vista de los resultados se ha comprobado que no hay una diferencia significativa en la disminución del ruido. En lo debido a la elección de material, el ABS-PLUS se mostró como el más efectivo al conseguir reducir el nivel sonoro en 3,1 dB, lo que supone supuso una reducción del 3,924%.

- Hipótesis 2: Prototipo de paneles con diseño de geometría en forma de triángulos

Tabla de resultados de las mediciones:

Tabla 31: Resultados de las mediciones de la hipótesis 2.

HIPÓTESIS	EQ	MIN	MAX
MEDICIÓN DEL RUIDO SIN ALTERAR	79	78,2	79,9
H2 PLA	74,9	74	75,8
H2 ABS-PLUS	74,8	73,9	75,6
H2 FILAFLEX	75	74,1	75,9

Representación gráfica de los resultados:

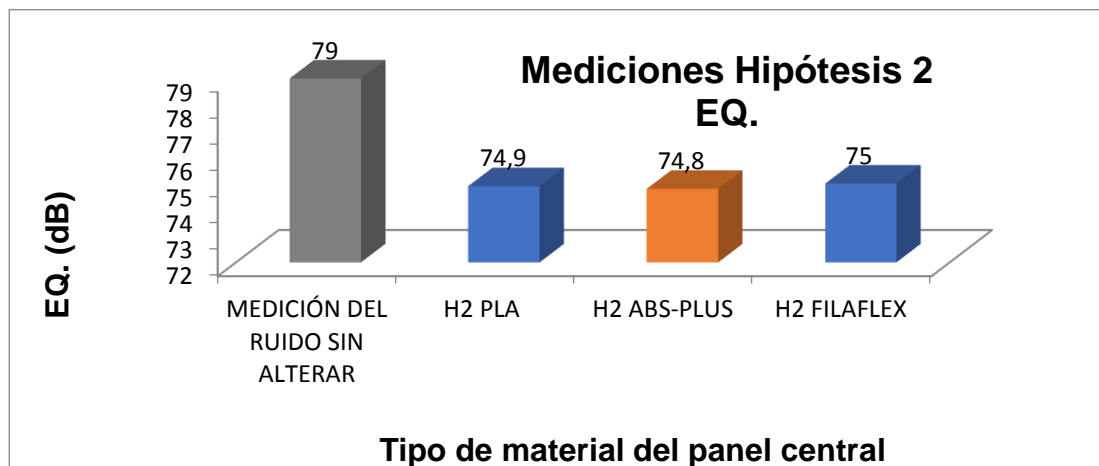


Figura 52: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 2.

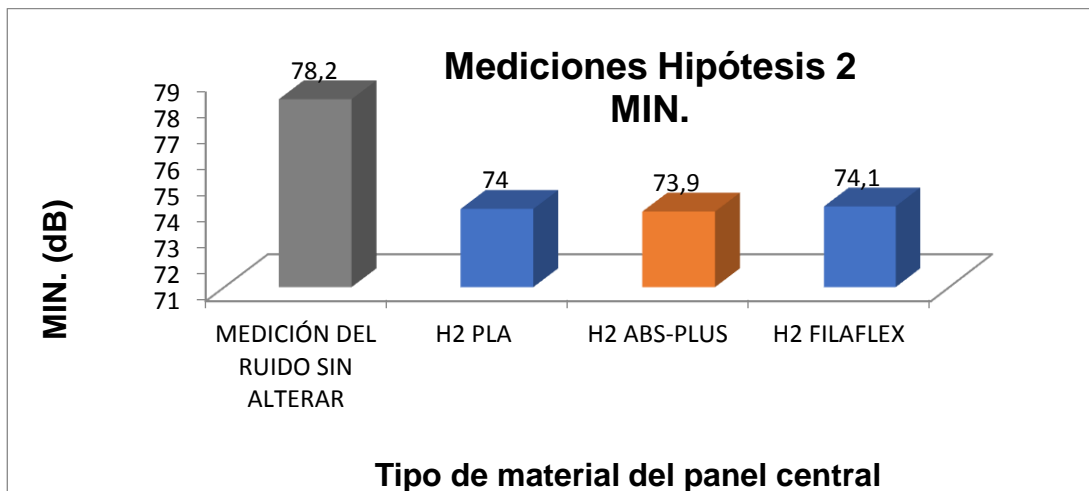


Figura 53: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 2.

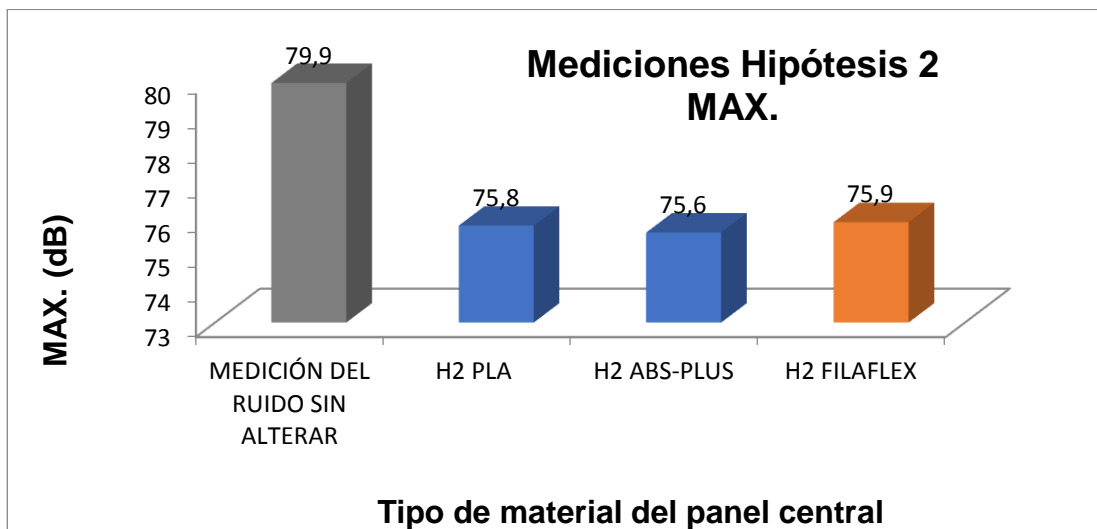


Figura 54: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 2.

Como se ha podido comprobar en los gráficos anteriores (Figuras 52, 53 y 54), no hay una diferencia notoria en la reducción del ruido, en cuanto al tipo de material, el ABS-PLUS ha proporcionado la mejor respuesta. Al conseguir reducir el nivel sonoro en 4,2 dB, que se materializo en un descenso del 5,316%.

- Hipótesis 3: Prototipo con distintos materiales

Tabla de resultados de las mediciones:

Tabla 32: Resultados de las mediciones de la hipótesis 3.

HIPÓTESIS	EQ	MIN	MAX
MEDICIÓN DEL RUIDO SIN ALTERAR	79	78,2	79,9
H3 PLA /ABS-PLUS / FILAFLEX	75,3	74,3	76,1
H3 PLA/ FILAFLEX / ABS-PLUS	75	74,1	75,9
H3 FILAFLEX / ABS-PLUS / PLA	75,1	74,2	76
H3 FILAFLEX / PLA / ABS-PLUS	75,1	74,2	76
H3 ABS-PLUS / PLA / FILAFLEX	75,1	74,2	76
H3 ABS-PLUS /FILAFLEX / PLA	74,9	74	75,8

Representación gráfica de los resultados:

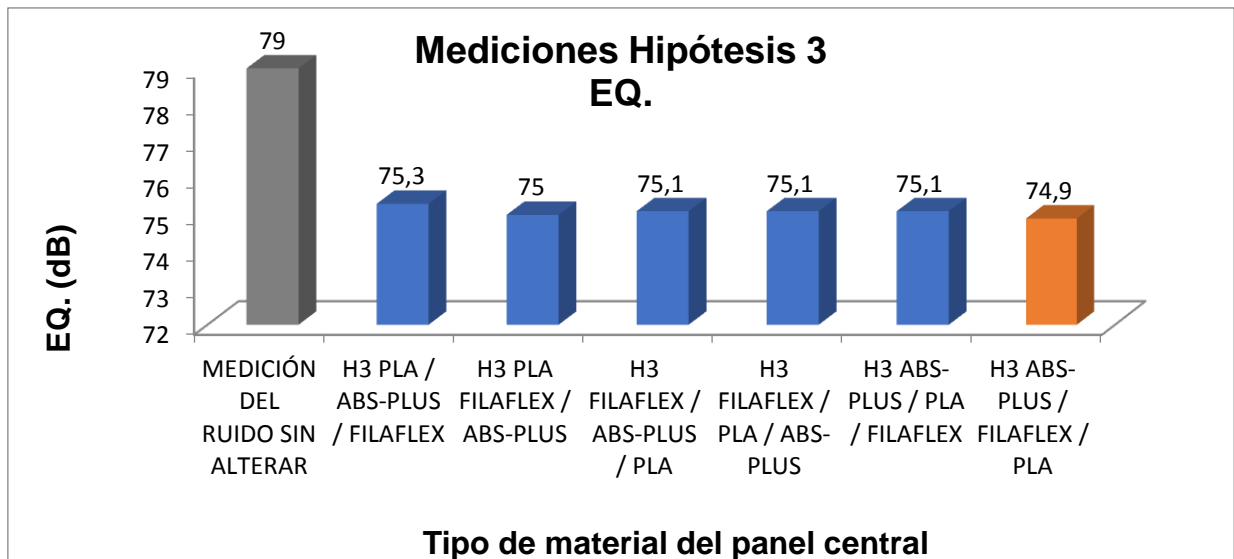


Figura 55: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 3.

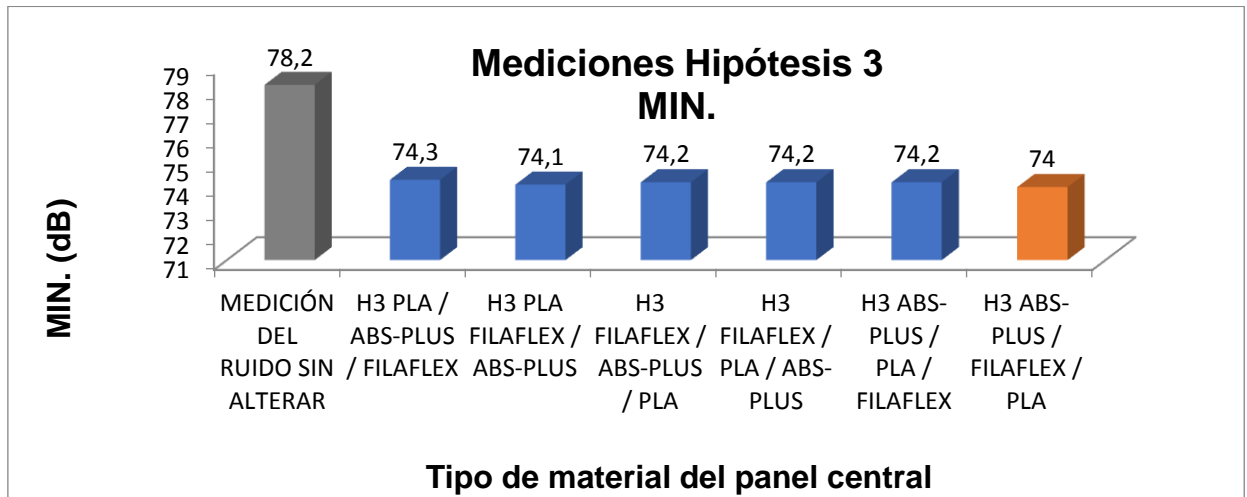


Figura 56: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 3.

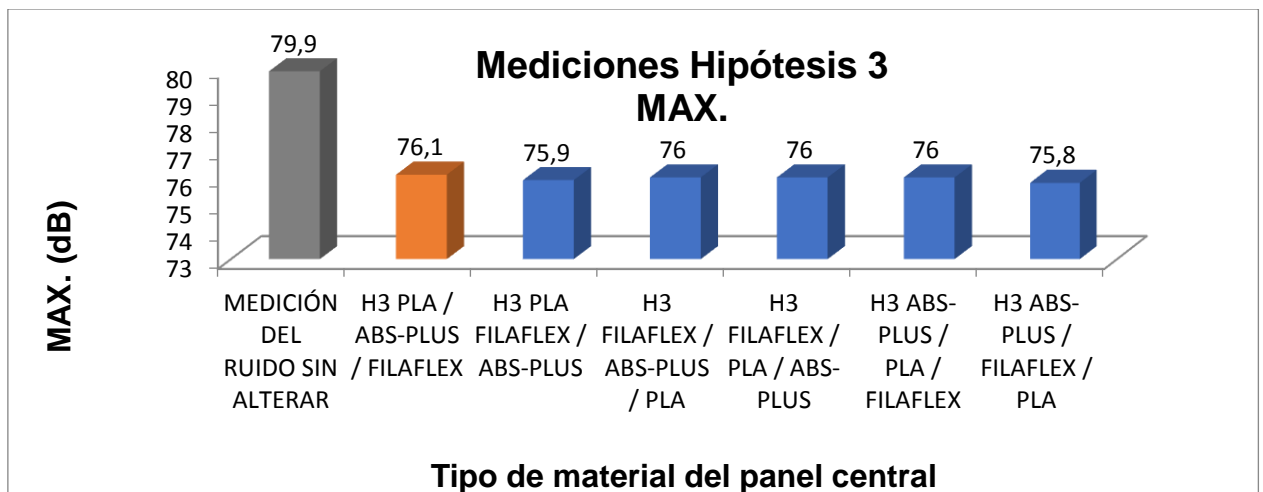


Figura 57: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 3.

Vistas las mediciones se ha observado que no hay una divergencia explícita en la atenuación del ruido. En referencia al comportamiento de las distintas combinaciones de materiales, nos hemos encontrado con que ha sido la combinación “ABS-PLUS /FILAFLEX / PLA”, la más efectiva. Ya que obtuvo una reducción del nivel sonoro de 4,1 dB, que llevo a una disminución del 5,19%.

- Hipótesis 4: Panel único con distintos materiales

Tabla de resultados de las mediciones:

Tabla 33: Resultados de las mediciones de la hipótesis 4.

HIPÓTESIS	EQ	MIN	MAX
MEDICIÓN DEL RUIDO SIN ALTERAR	79	78,2	79,9
H4 PLA	73,1	72,1	74
H4 ABS-PLUS	72,5	71,5	73,5
H4 FILAFLEX	72,8	71,8	73,8

Representación gráfica de los resultados:

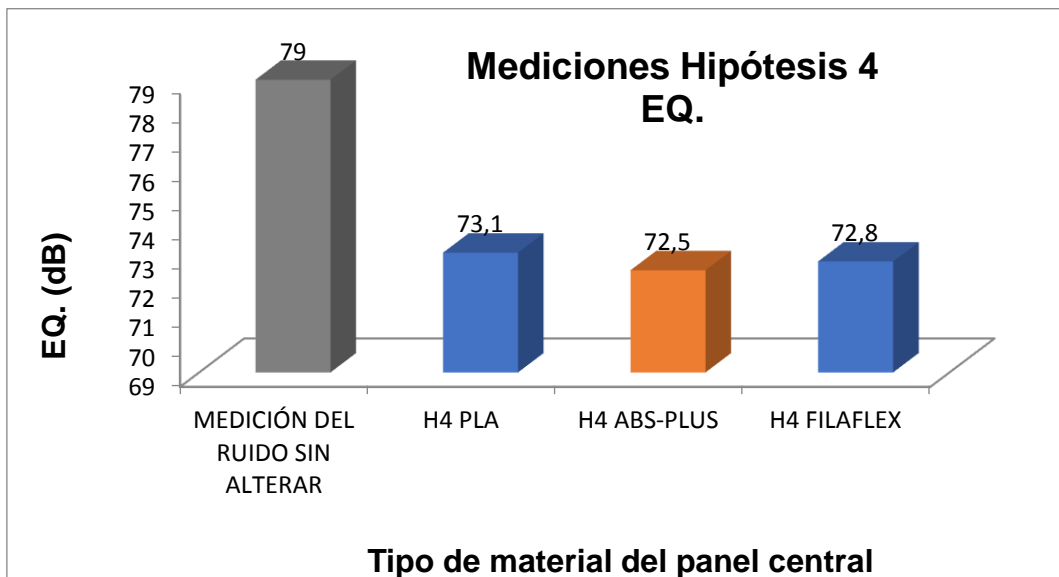


Figura 58: Representación gráfica de los resultados EQ de la hipótesis 4.

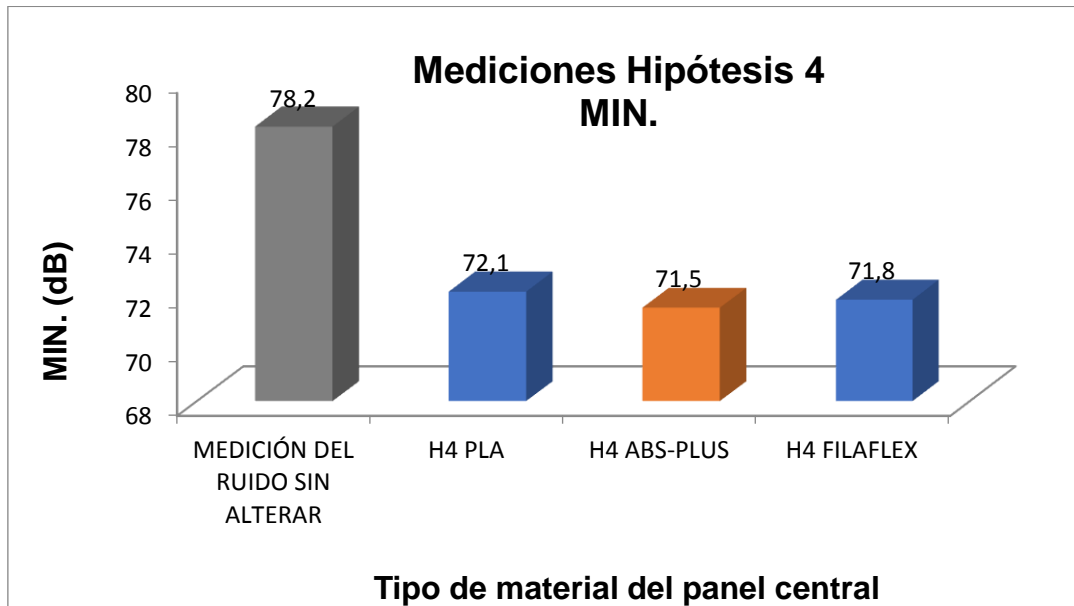


Figura 59: Representación gráfica de los resultados MIN de la hipótesis 3.

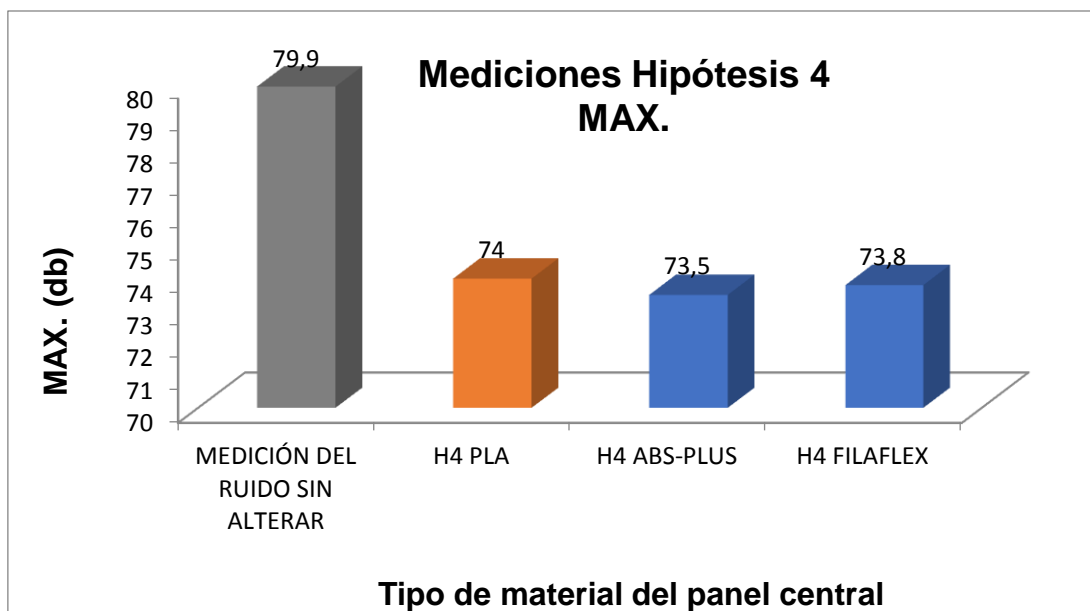


Figura 60: Representación gráfica de los resultados MAX de la hipótesis 3.

A tenor de los resultados, se ha evidenciado que no hay una desigualdad reveladora en la disminución del ruido. El material que mostro una mayor reducción fue el panel de ABS-PLUS, al conseguir reducir el nivel sonoro en 6,5 dB, que conlleva a una atenuación del 8,228%.

7.-CONCLUSIONES

Lo primero que se ha podido comprobar es que el ruido por el equipo de oficina elegido (Figura 5), es que efectivamente se trataba de un ruido de tipo continuo ya que en todas las mediciones que se han realizado tanto de las distintas hipótesis planteadas como las que se hicieron del equipo sin aplicar medidas (Figura 21), la diferencia entre ruido máximo medido y el mínimo no superó los 2 decibelios en ningún caso. Por lo tanto queda de manifiesto que se el ruido generado era de carácter continuo ya que no se llegó a los 5 decibelios de diferencia entre el sonido máximo y mínimo, como se definió en el apartado 2.1.

Seguidamente se ha procedido a comparar las hipótesis 1, 2 y 3. Debido a que son las que pusieron en práctica el prototipo de tres paneles unidos mediante sujeciones. A continuación se ha expuesto en la tabla 34, los resultados que más disminución consiguieron dentro de cada una de estas tres hipótesis:

Tabla 34: Resultados más destacado de cada las hipótesis 1, 2 y 3.

HIPÓTESIS	EQ	MIN	MAX	% Reducido
H1 ABS-PLUS	75,9	74,9	76,8	3,924
H2 ABS-PLUS	74.8	73.9	75,6	5,316
H3 ABS-PLUS / FILAFLEX / PLA	74,9	74	75,8	5,19

A la vista de los resultados podemos se ha comprobado que la hipótesis 2, en concreto el caso en que se usó el panel central de material ABS-PLUS, cuyos paneles seguían un modelo basado en una cámara anecoica (Figura 14), ha conseguido de las tres hipótesis la mayor reducción con un 5,316 %.

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

También podemos observar que aunque no haya una diferencia notable entre los tres materiales del panel central en la hipótesis 1 y 2, el ABS-PLUS consiguió el mejor resultado en ambos casos.

En el caso de la hipótesis 3 se puede observar que aunque no hay tampoco diferencias demostrativas en las distintas combinaciones en cuanto a reducción de ruido, en los casos en los que el panel central fue de material FILAFLEX se obtuvieron los dos mejores resultados en cuanto a reducción (Figuras 36 y 44).

En cuanto a la hipótesis 4 se han obtenido los mejores resultados en reducción del ruido pero se debe en parte a que el panel cubría por completo la rejilla por la cual se había generado el ruido, no dejando ningún hueco. En los casos en que se ha utilizado el prototipo de tres paneles, las sujeciones que unían los paneles hacían que hubiese un mínimo espacio con la rejilla y el hueco entre paneles no estaba cubierto en su totalidad, pudiendo escapar parte del ruido generado por esas vías. Lo que si nos terminó de desmostar esta hipótesis es que el ABS-PLUS fue el material, de los tres con los que han realizado las distintas mediciones, que mejor respuesta género frente al ruido consiguiendo una reducción de 6.5 dB (Se pude observar en la tabla 33).

Para finalizar se procede a exponer las conclusiones derivadas de los resultados que se han quedado demostrados mediante este trabajo:

- 1. Se ha verificado que el ruido generado por el equipo de oficina es un ruido continuo, ya que en ninguna de la mediciones se dio una diferencia que superará el límite establecido de 5 dB entre el valor máximo y mínimo.

- 2. En cuanto a las hipótesis 1, 2 y 3 que seguían el diseño de prototipo formado por tres paneles unidos (Como se ha expuesto en el apartado 4.2), queda de manifestado que fue la hipótesis 2 la que mejor respuesta dio llegando a reducir hasta un 5.316 % como indicamos en este apartado anteriormente.

- 3. En lo referente al tipo de material se ha comprobado, cómo hemos comentado en este apartado, que el que mejor respuesta obtuvo en cuanto a atenuación de ruido fue el ABS-PLUS. Tanto cuando estuvo como panel central

Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

como cuando en la hipótesis 4 fue colocado como panel único, consiguiendo los mejores resultados.

- 4. Si bien hemos dicho que fue la hipótesis 2 fue la que mejor resultado nos ha dado en cuanto a disminución, no hemos tenido en cuenta la hipótesis 4 que de entre las cuatro hipótesis fue la que mejor resultado ha proporcionado. Pero es debido sobre todo a que cubría por completo la rejilla, cosa que no podían hacer los prototipos de las otras hipótesis por su estructura que además no cubrían el hueco entre paneles.
- 5. De entre los prototipos planteados en las hipótesis 1, 2 y 3, los de la hipótesis 2 fueron los que mejor resultado han dado y en cuanto a tipo de material el ABS-PLUS mostró el mejor comportamiento demostró. Por lo que el prototipo mostrado en la figura 30 ha sido el que mejor respuesta mostro en el trabajo.
- 6. Con vistas a realizar un prototipo que quedase incorporado al equipo se debería tener en cuenta si realizar los paneles exteriores con material ABS-PLUS y mejorar la forma de sujeción de los paneles para que no dejara escapar ruido de la rejilla por hueco con los paneles, ni que pudiese escapar tampoco por el espacio entre paneles.
- 7. En cuanto a su posible uso en otros equipos habría que estudiar la geometría del equipo, y de la zona por la cual se genera el ruido, al que se quisiera adaptar y el tipo de ruido que se intentara mitigar. Ya que en este caso se usó un ruido continuo en todo momento, producido por un aparato de ventilación.

8.-BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS

- (1) DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental
- (2) ([http://musiki.org.ar/NPS_\(nivel_de_presi%C3%B3n_sonora\)](http://musiki.org.ar/NPS_(nivel_de_presi%C3%B3n_sonora)))
- (3) https://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_continuo
- (4) <https://es.glosbe.com/es/es/ruido%20intermitente>
- (5) <https://dej.rae.es/lema/ruido-impulsivo>
- (6) http://elruidoennuestroambiente.blogspot.com/2016/08/ruido-continuo-ruido-continuo-maquina_19.html
- (7) <https://dej.rae.es/lema/ruido-tonal>
- (8) <http://ednylozano.blogspot.es/foto>
- (9) <https://pc-solucion.es/2019/01/03/atenuacion/>
- (10) Real Decreto 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.
- (11) Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- (12) NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas.
- (13) NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos
- (14) <http://mizaradditive.com/impresion-3d/>

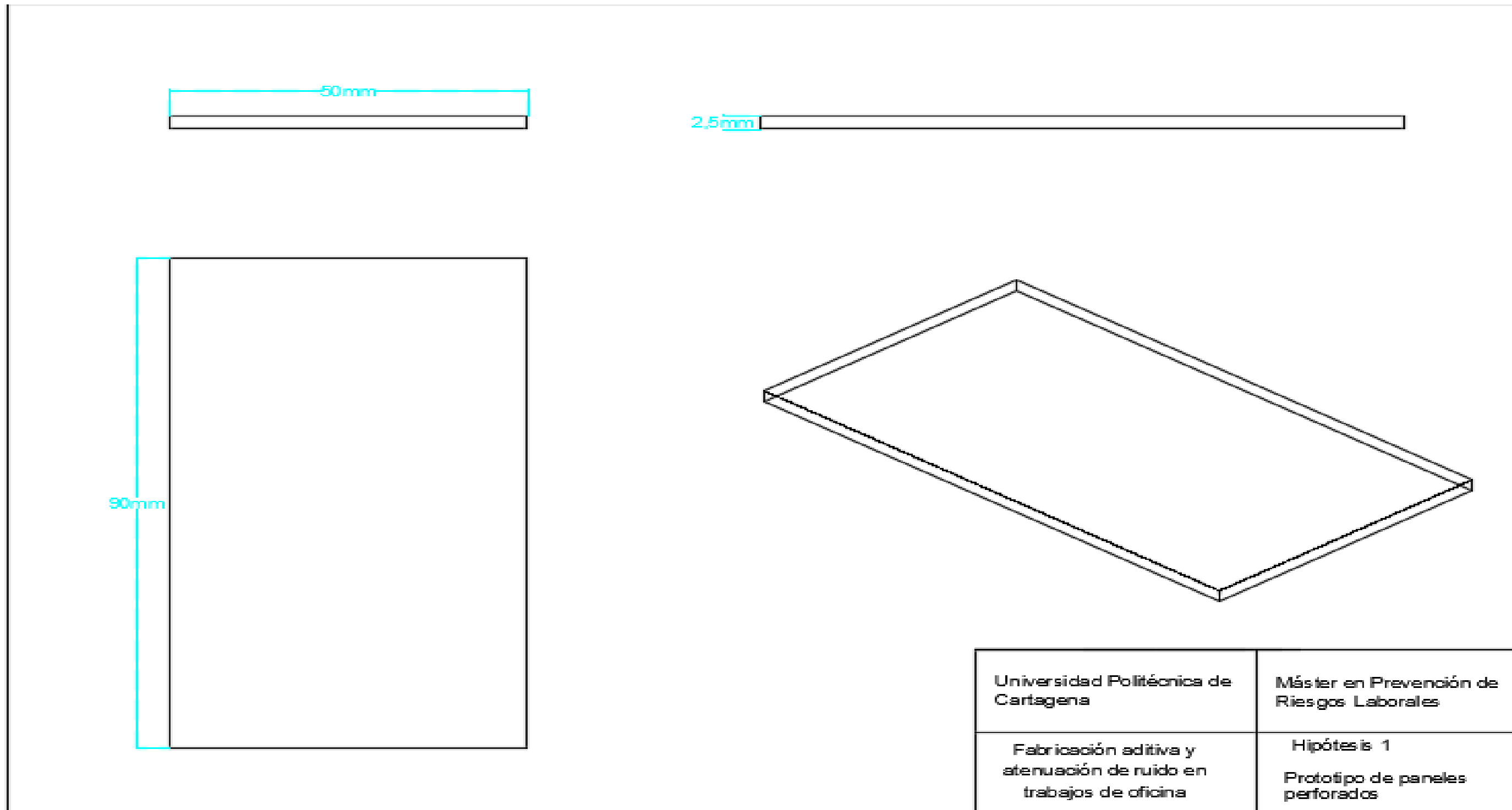
Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina

- (15) P. Alvarez, F. Garciandia y U. Gurmendi. Asociación Centro de Investigación en Tecnologías de Unión IK4-Lortek28/01/2014
- (16) <https://thedailyprosper.com/innovacion/tecnologia/conoces-los-beneficios-de-la-impresion-en-3d/>
- (17) <https://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- (18) <https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- (19) <http://hxx.es/2015/03/12/materiales-de-impresion-3d-i-pla-acido-polilactico/>
- (20) [http://hxx.es/2015/03/12/materiales-de-impresion-3d-i-pla-acido-polilactico,](http://hxx.es/2015/03/12/materiales-de-impresion-3d-i-pla-acido-polilactico/)
- (21) www.3dcpi.com
- (22) filament2print.com
- (23) <https://www.stratasys.com/es> / *OBJET 30 PRO*
- (24) <https://www.stratasys.com/es> / *DIMENSION BST 1200BS*
- (25) <http://www.undoprototipos.com/es/tecnologias/fdm-prototipos-funcionales>
- (26) <http://www.infornetonline.com/es/informatica/infornet/impresion-3d/impresora-bq-3d-prusa-i3-hephestos/80954.html>
- (27) bq.com
- (28) <http://www.grupoalava.com>
- (29) www.casella-es.com
- (30) <https://otri.ugr.es/noticias/la-camara-anecoica-acustica-de-la-ugr-calidad-acustica/>

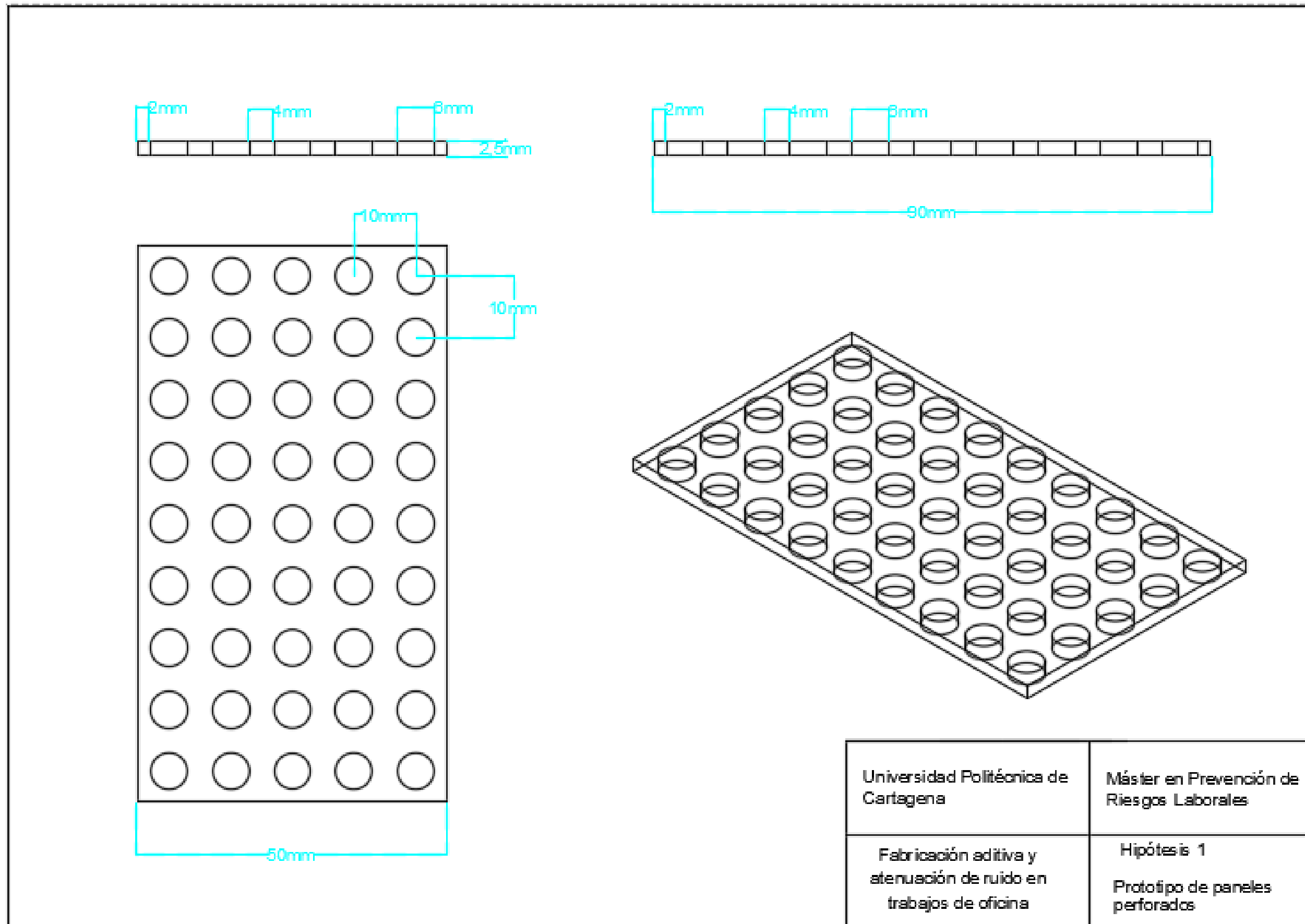
9.-Anexos

9.1-Elementos fabricados y usados.

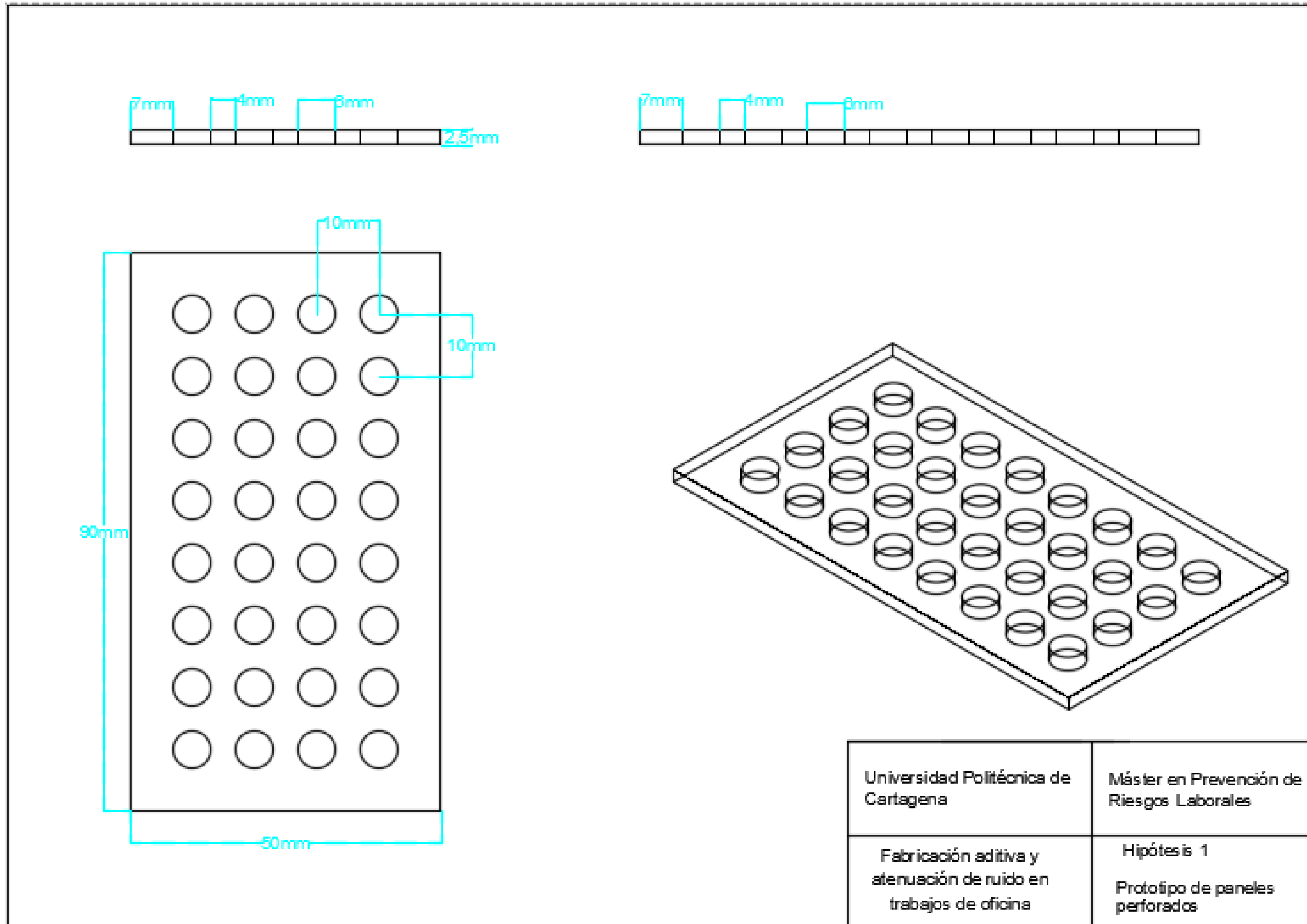
- Diseño de los paneles de las hipótesis 3, 4 y paneles centrales



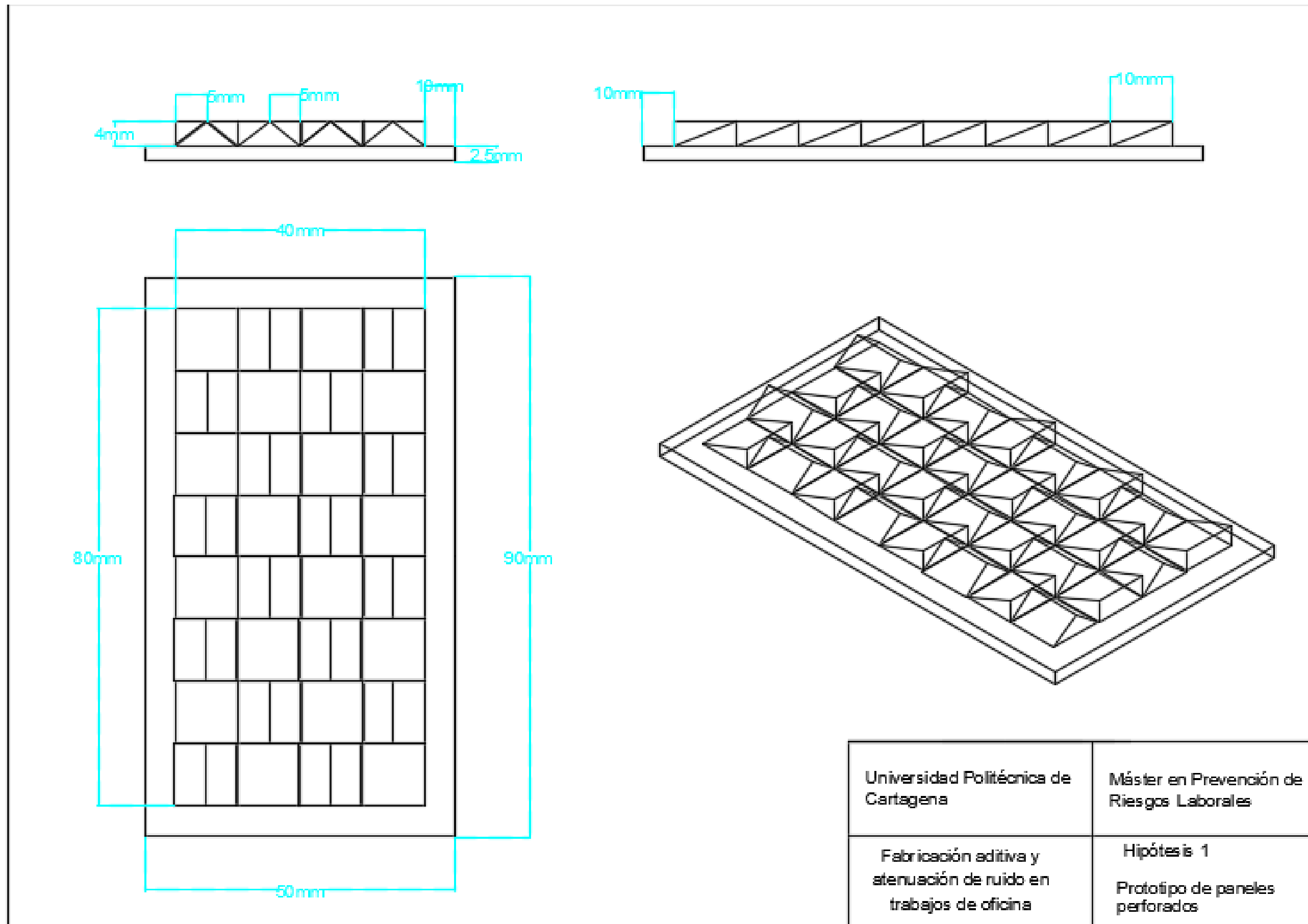
- Diseño hipótesis 1: Panel exterior del prototipo de paneles perforados tipo 1



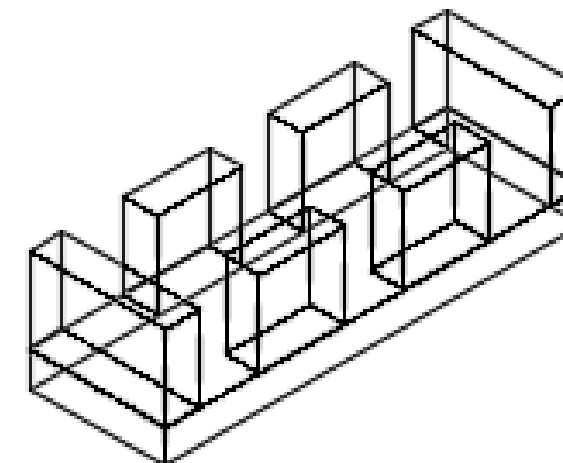
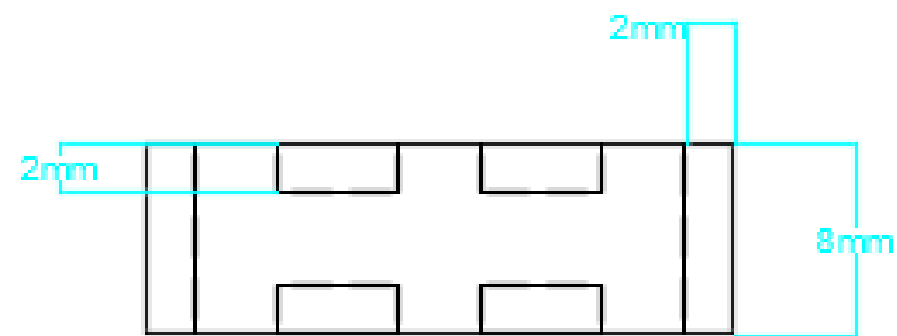
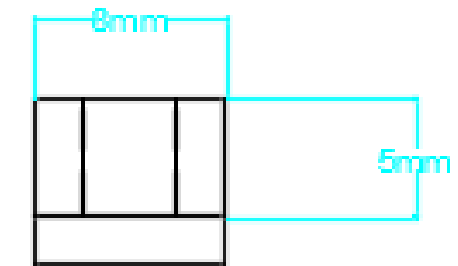
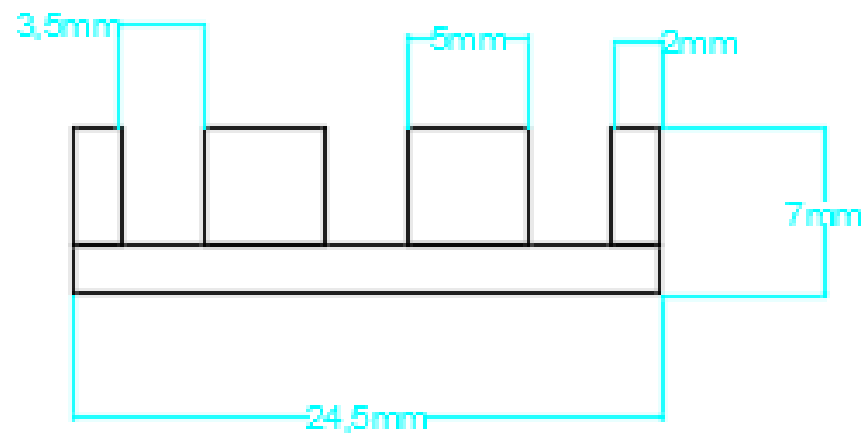
- Diseño hipótesis 1: Panel exterior del prototipo de paneles perforados tipo 2



- Diseño hipótesis 2: Paneles exteriores del prototipo de paneles con diseño de geometría en forma de triángulos



➤ Elementos de unión



Universidad Politécnica de Cartagena	Máster en Prevención de Riesgos Laborales
Fabricación aditiva y atenuación de ruido en trabajos de oficina	Hipótesis 1 Prototipo de paneles perforados