

Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía



**COMPARACIÓN DE NORMATIVAS NACIONALES E  
INTERNACIONALES DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO Y  
RECOMENDACIONES COMPLEMENTARIAS:  
DISEÑO PARA RUIDO AÉREO Y DE IMPACTO EN ENTREPISO DE  
MADERA PREFABRICADOS PARA VIVIENDAS  
INDUSTRIALIZADAS.**

POR

Romina Ivette Perquilaff Morales

Trabajo Integrativo presentado a la Facultad de Ingeniería & Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía de la Universidad de Concepción para optar al grado académico de Magister en Construcción Industrializada en Madera

Profesor Guía:  
Maria Isabel Rivera

Marzo de 2025  
Concepción, Chile

---

©2025 Romina Ivette Perquilaff Morales

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

## RESUMEN

El confort acústico es un componente fundamental del bienestar en los espacios habitables, especialmente en viviendas industrializadas en madera, donde la estructura de entramado liviano presenta desafíos específicos para el control del ruido. Este estudio busca proponer soluciones de diseño que mejoren la aislación de ruido aéreo y de impacto en entrepisos de madera prefabricados, tomando como base un análisis comparativo entre la normativa chilena (NCh 352-1 y Art. 4.1.6 de la OGUC) y la normativa española (DB HR y UNE 74201), que ofrecen enfoques más integrales en materia de acondicionamiento acústico.

A través de una metodología descriptiva-experimental, la investigación se desarrolló en tres etapas: (1) revisión normativa, (2) análisis de estrategias de diseño acústico, y (3) diseño y simulación de soluciones optimizadas. Se identificaron brechas normativas en Chile respecto a entrepisos industrializados en madera, particularmente en las soluciones incluidas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas del MINVU, que no siempre cumplen con los requerimientos mínimos de aislamiento acústico.

Como resultado, se propusieron cuatro soluciones constructivas para entrepisos de entramado liviano en madera, con mejoras en materialidad y diseño estructural. Las soluciones incorporan estrategias como el uso de suelos flotantes, capas elásticas y elementos desacoplados para optimizar el desempeño acústico. Las cuales fueron evaluadas mediante simulaciones acústicas en el software INSUL, aplicando los estándares de desempeño de la normativa UNE (50 dB para ruido aéreo y 65 dB para ruido de impacto).

Los resultados evidencian mejoras sustantivas en el rendimiento acústico de los modelos propuestos respecto de los actualmente listados, proporcionando lineamientos para actualizar la normativa. En conclusión, esta investigación contribuye al fortalecimiento de la calidad constructiva y el confort acústico en viviendas industrializadas en madera, promoviendo el desarrollo sustentable del sector.

*Aislación acústica - Ruido de impacto - Ruido aéreo - Vivienda industrializada en madera - Entrepiso de madera*

## ABSTRACT

Acoustic comfort is a key component of well-being in habitable spaces, particularly in industrialized timber housing, where lightweight structural systems present specific challenges for noise control. This study aims to propose design solutions to enhance airborne and impact sound insulation in prefabricated timber floor assemblies, based on a comparative analysis between Chilean regulations (NCh 352-1 and Article 4.1.6 of the OGUC) and Spanish standards (DB HR and UNE 74201), which provide a more comprehensive framework for acoustic performance requirements.

Using a descriptive-experimental methodology, the research was structured in three stages: (1) regulatory review, (2) analysis of architectural-acoustic design strategies, and (3) design and simulation of optimized floor systems. Regulatory gaps in Chile were identified, particularly regarding prefabricated timber floors, as several configurations in the “Listado Oficial de Soluciones Constructivas - MINVU” do not consistently meet the minimum sound insulation criteria.

As a result, four improved constructive solutions for timber platform floors were proposed, incorporating enhancements in both material selection and structural configuration. The solutions adopt strategies such as floating floors, resilient layers, and mechanical decoupling of elements to optimize acoustic performance. These configurations were evaluated through predictive simulations using INSUL software, applying performance benchmarks from the UNE standard (minimum 50 dB for airborne sound insulation and maximum 65 dB for impact sound level).

The results demonstrate significant improvements in the acoustic performance of the proposed assemblies compared to the currently catalogued solutions, providing technical guidance for potential updates to local acoustic standards. In conclusion, this research contributes to strengthening constructive quality and acoustic comfort in industrialized timber housing, thereby supporting the sustainable development of the sector.

*Acoustic insulation - Impact noise - Airborne noise - Industrialized timber housing - Timber floor assembly*

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.1 Acondicionamiento acústico

El acondicionamiento acústico es uno de los factores clave del confort ambiental, el cual abarca aspectos como la iluminación, la ventilación, la temperatura, la humedad y la acústica, todos fundamentales para la habitabilidad básica de un espacio. Un entorno que optimice estos factores contribuye al bienestar físico y psicológico de los habitantes.

El confort acústico es el nivel sonoro que no molesta, que no perturba y que no causa daño directo a la salud (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2022). El confort acústico forma parte del confort ambiental; sin embargo, es uno de los temas todavía poco desarrollado (Olarte, 2018). En Chile, se define ruido como cualquier sonido que sea calificado, por quien lo recibe, como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2022). La exposición a niveles elevados de ruido, por ejemplo, puede afectar gravemente la salud, generando problemas como trastornos en el sueño, aumento del estrés y riesgo de enfermedades cardiovasculares (Stansfeld & Matheson, 2003). Según la Organización Mundial de la Salud (2018), el ruido prolongado y sin control en espacios residenciales puede tener efectos adversos en la calidad de vida, afectando tanto el descanso como la concentración.

Cumplir con los estándares de todos los factores del confort ambiental, incluyendo el control acústico, es crucial para promover un entorno saludable, que favorezca la productividad, el bienestar emocional y físico de los individuos. En Chile, el artículo 4.1.6 de la OGUC establece que los elementos horizontales o inclinados que separen unidades independientes de vivienda deben tener un índice de reducción acústica mínimo de 45 dB. Además, estas viviendas deben presentar un nivel de presión acústica de impacto máximo de 75 dB, según un ensayo de impacto estandarizado (Editorial Microbyte Ltda, 2005).

### 1.1.2 Vivienda industrializada de entramado liviano en madera

El aumento del uso de la madera en la construcción en Europa se ha visto favorecido debido a los **avances tecnológicos** y los **cambios en las regulaciones**, incorporando principalmente los desarrollos tecnológicos que ha experimentado el material en las últimas décadas (Aguilera, 2023). En esa línea, la construcción de sistemas más tradicionales como el entramado ligero han encontrado en los avances tecnológicos de los últimos años una oportunidad de crecimiento, dado que hoy en día este sistema constructivo es altamente industrializable (Aguilera, 2023). Según el estudio de Gordillo-Granda y Toledo-Toledo (2024), la construcción prefabricada ofrece numerosas ventajas, como una mayor rapidez en los tiempos de ejecución, la reducción de desperdicios y la optimización de recursos.

El avance y desarrollo de las casas prefabricadas a nivel nacional se ha impulsado por su economía, rapidez en la construcción, gestión más eficiente de materiales y mayor control durante la fabricación. No obstante, es importante destacar la ausencia de investigaciones detalladas sobre su desempeño en términos de eficiencia energética y reducción del ruido (Maureira, 2024).

## 1.2 Problema: Requerimientos normativos

Como menciona en su estudio Meza (2008), la mayoría de los países iberoamericanos no tienen exigencias obligatorias de aislación acústica a ruido aéreo y de impacto entre viviendas, ni políticas de protección en la construcción de viviendas en entornos ruidosos.

En Chile, las normativas principales que establecen los requisitos acústicos mínimos que deben cumplir las construcciones de uso habitacional corresponden a:

- Nch 352-1: Aislación Acústica Parte 1: Construcciones de uso habitacional - requisitos mínimos y ensayos.
- Artículo 4.1.6 de la OGUC. Reglamentación acústica
- Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En esta reglamentación se establece que entre unidades de viviendas se debe cumplir un Índice de Reducción Acústica mínimo de 45 dB tanto horizontal como verticalmente y en elementos horizontales se debe cumplir además un Nivel de presión acústica de impactos de 75 dB. El tercer punto, establece soluciones constructivas, previamente ensayadas por consultores acústicos, que dan cumplimiento con los valores reglamentarios. El listado incluye principalmente soluciones acústicas para muros y losas de hormigón y albañilería, además de tabiques con estructura de acero galvanizado o entramado liviano, y entrepisos, tanto de hormigón como de entramado liviano.

Sin embargo, el listado **carece de soluciones constructivas acústicas para paneles prefabricados en entramado liviano de madera, que cumpla con la exigencia para aislación de ruido aéreo y de impacto, específicamente para entrapiso de entramado liviano**, dado que las soluciones de entrapiso en relación a la aislación del ruido aéreo y de impacto de este listado, no está sometido a las exigencias del art. 4.1.6 de la OGUC.

Cabe mencionar que, esta legislación, pese a ser un gran esfuerzo para incrementar la calidad de la construcción, aún se está lejos de ser una beneficio real que implique alcanzar un confort acústico para los usuarios de las viviendas, ya que los valores exigidos están por debajo del estándar requerido. (Meza, 2008). Es decir, lejos de la necesidad real de las personas.

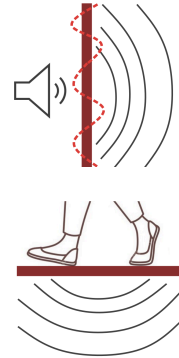
Es importante establecer directrices claras para el correcto diseño y construcción de viviendas prefabricadas. Ya que, tal como mencionan Machimbarrena, Rasmussen y Fausti (2014), una correcta aplicación de los principios de la acústica arquitectónica puede mejorar considerablemente la calidad acústica de los edificios, contribuyendo a un mayor confort de sus usuarios. Por otra parte, aportaría en desmentir el prejuicio sobre la mala calidad de la construcción en madera, puesto que al ofrecer un paquete industrializado completo, cumpliría con los requerimientos normativos exigidos (Resistencia al fuego, Desempeño térmico y Desempeño acústico).

### 1.3 Marco teórico

#### 1.3.1 Sonido y transmisión

El sonido se define como energía cinética mecánica que se transmite a través de medios elásticos mediante fluctuaciones de presión y densidad. Por lo tanto, el sonido es la vibración audible de gases, fluidos y sólidos. Después de identificar la fuente de ruido a la que está expuesto un componente, el diseño acústico distingue entre sonido transmitido por el aire y sonido transmitido por la estructura.

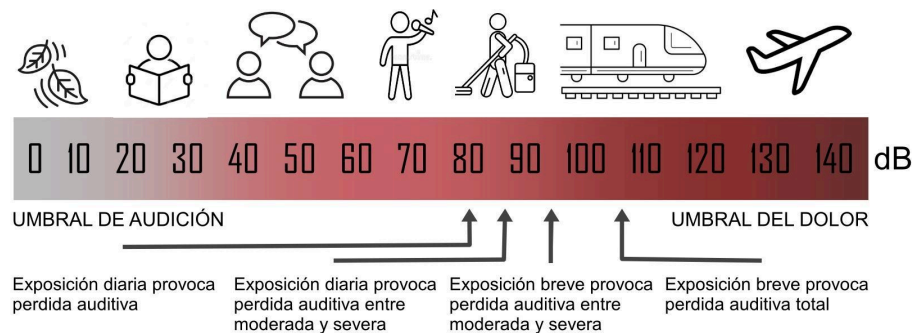
- Sonido transmitido por el aire:** las ondas sonoras del aire hacen vibrar los componentes y estas vibraciones se transmiten a las habitaciones adyacentes del edificio. Las fuentes de sonido transmitido por el aire incluyen el tráfico, las voces o la música.
- Sonido transmitido por la estructura:** el sonido de caminar, golpes, muebles que se arrastran, etc. se transmite a los componentes y se irradia como sonido transmitido por el aire a las habitaciones adyacentes. El sonido de impacto es particularmente relevante para el diseño acústico. (Stora Enso, 2020)



**Figura 1:** Sonido aéreo y de impacto  
 Fuente: Elaboración propia

##### 1.3.1.1 Percepción del sonido en las personas

Crocker (2007), los seres humanos pueden escuchar sonidos en el rango de frecuencias entre 15/16 Hz y 15/16 kHz sin embargo, no escuchamos todos los sonidos de manera igual, lo que significa que nuestra sensibilidad auditiva no es lineal. La sensibilidad auditiva humana depende de la frecuencia y el nivel de presión sonora. Los humanos son más sensibles a los sonidos alrededor de los 4000 Hz, y menos sensibles a los sonidos por debajo de 200 Hz o por encima de 10000 Hz. Por debajo de 200 Hz, los humanos no pueden escuchar bien el sonido, a menos que el nivel de presión sonora sea lo suficientemente alto (FPInnovations, 2019). Una intensidad muy elevada puede dañar el tímpano, pero el oído no es sensible a todas las frecuencias. Los umbrales de dolor y el daño de dB son iguales para todas las frecuencias (Stora Enso, 2020).



**Figura 2:** Umbral de sonido. Fuente: Elaboración propia con referencia de “Conceptos básicos de acústica para el aislamiento” Impursa (2020).

### 1.3.1.2 Ruido: Aislación ruido aéreo y ruido de impacto

Según la Sociedad Española de Acústica (2012) en su glosario de términos acústicos, el ruido es una vibración errática o estadísticamente aleatoria, más bien, un sonido o cualquier otra perturbación desagradable o indeseada.

#### 1. Aislación acústica para ruido aéreo ( $R_w$ , $D_nT,w$ )

Tal como describe FPIinnovations (2019) en su manual técnico, es la diferencia en el nivel de presión acústica entre el sonido que entra y el sonido que sale de un elemento del edificio. Cuanto mayor sea el valor, mejor será la aislación acústica. Esto se puede apreciar en la Figura 3 más adelante. Se pueden encontrar dos tipos de mediciones:

- **Índice de reducción acústica ponderado ( $R_w$ ):** Es una medición acústica de laboratorio que determina la eficacia de la aislación acústica aérea de un elemento del edificio en un rango de frecuencias (100 Hz a 3150 Hz) en una única cantidad numérica. El valor  $R_w$ , expresado en dB, se corrige en función del volumen de la sala y el tiempo de reverberación, pero no tiene en cuenta las trayectorias de flanqueo del sonido asociados con las instalaciones in situ.
- **Diferencia de nivel estandarizado ponderado ( $D_nT,w$ ):** Mide la aislación acústica aérea del elemento de construcción in situ en lugar de un laboratorio acústico. La  $D_nT,w$  es más indicativa para determinar la aislación acústica aérea real entre espacios, ya que tiene en cuenta las trayectorias de flanqueo.

#### 2. Aislación acústica para ruido de impacto ( $L_n,w$ , $L_nT,w$ )

Es el nivel de presión acústica resultante medido en el espacio receptor cuando se coloca una máquina de golpeo estándar en el espacio de la fuente en el piso/techo de separación. Un valor más bajo indica mejor aislación acústica (FPIinnovations, 2019). La figura 4 muestra de manera gráfica estos conceptos.

- **Nivel de presión acústica de impacto normalizado ponderado ( $L_n,w$ ):** Es una medición acústica de laboratorio para determinar la eficacia de la aislación acústica de impacto de un elemento de construcción en un rango de frecuencias (100 Hz a 3150 Hz) en una cantidad numérica única. El valor  $L_n,w$ , expresado en dB, se corrige en función del volumen de la sala y el tiempo de reverberación, pero no tiene en cuenta las trayectorias de flanqueo del sonido asociadas con las instalaciones in situ.
- **Nivel de presión acústica de campo de impacto normalizado ponderado ( $L_nT,w$ ):** Mide la aislación acústica de impacto del elemento del edificio in situ en lugar de en un laboratorio acústico. Determina el impacto real entre espacios, ya que tiene en cuenta las distintas direcciones de flanqueo.

### 1.3.1.3 Valores de adaptación del espectro

Los términos de adaptación espectral C y Ctr se introdujeron en la Norma ISO 717-1:1996 para tener en cuenta los diferentes espectros de las fuentes de ruido (tales como ruido rosa y ruido de tráfico) y para evaluar curvas de aislación acústica con valores muy bajos en una sola banda de frecuencia. (ISO 717-1, 2013). Son valores de corrección según la situación requerida.

**Tabla 1**  
**Término de adaptación del espectro sonoro**

<b>Sonido aéreo</b>	C = Para ruido residencial	Si $R_w(C;Ctr) = 47 (-2;-6)$	Actividades domésticas (habla, música)	45dB
	Ctr = Para ruido de tráfico		Tráfico vehicular urbano	41dB
<b>Sonido Impacto</b>	CI= Para ruido de pisadas	Si $L_w(Ci) = 75(-1)$	Actividades domésticas (caminar, limpiar)	74dB

Nota 1: La tabla 1 indica que, por ejemplo, para un valor  $R_w=47$ , en ruidos interiores la solución constructiva tendrá desempeño de 45 dB, mas para ruidos exteriores se tendrá un desempeño de 41 dB. Lo mismo aplica al caso de  $L_w$ .

Nota 2: El cálculo para la adaptación de espectro sonoro se puede revisar en la norma ISO 717-1.

### 1.3.1.4 Metodología de medición acústica

Para determinar el rendimiento de aislación acústica de un componente de un edificio, se expone una sala fuente a una fuente de ruido (en una instalación de prueba o en un edificio). A continuación, se presenta una tabla resumen de la metodología de medición:

**Tabla 2**  
**Medición acústica en laboratorio e in situ**

Tipo de medición	Ruido	Recinto		Tamaño abertura elem. prueba	Instrumento	Volumen (m3)	Diferencia de nivel	Norma
Laboratorio	Aéreo $R_w$ $\Delta R_w$	2 salas adyacentes horizontales con abertura entre ellas, donde irá el elemento de prueba	Sala origen	Completo 10 a 20 m <sup>2</sup>	Altavoz(es)	Min 50 c/u  Diferentes entre ellas al menos 10%	Cuanto mayor sea el valor, mejor será la aislación acústica	ISO 10140-2
			Sala recepción	Reducido a= 1250mm h=1500mm	Micrófono o Sonómetro			ISO 10140-5
	Impacto $L_{n,w}$ $\Delta L_{n,w}$	2 salas adyacentes verticales con abertura entre ellas, donde irá el elemento de prueba	Sala origen	Completo	Op1: Bola de impacto Op2: Máquina golpeteo martillo	Min 50 Sala recepción  Libre tamaño y forma	Cuanto menor sea el nivel, mejor será la insonorización	ISO 10140-3
			Sala recepción	Reducido a= 1250mm h=1500mm	Sonómetro			ISO 10140-5
In situ	Aéreo $R$ $D_nT_w$	2 salas. Se considera emisor al recinto de mayor tamaño	Sala origen	Superficie intersección recinto emisor y receptor	Altavoz(es)	10 a 250.	Cuanto mayor sea el valor, mejor será la aislación acústica	ISO 16283-1
			Sala recepción		Micrófono o Sonómetro			
	Impacto $L_{nT,w}$	2 salas. Se considera emisor al recinto superior	Sala origen	Superficie intersección recinto emisor y receptor	Op1: Bola de impacto Op2: Máquina golpeteo martillo	10 a 250	Cuanto menor sea el nivel, mejor será la insonorización	ISO 16283-2
			Sala recepción		Sonómetro			

**Fuente:** Elaboración propia con referencia a la norma ISO 10240 2-3-5 y la norma ISO 12283-1-2.

Existen software acústicos, como herramienta complementaria para predecir la aislación acústica de paredes, suelos, techos, cielorrasos y ventanas, y el ruido de impacto de suelos y techos. En programas como INSUL, se pueden ingresar datos de prueba para compararlos fácilmente con las predicciones y se puede utilizar para evaluar rápidamente nuevos materiales y sistemas, o para investigar los efectos de los cambios en los diseños existentes. No obstante, como cualquier herramienta de predicción, INSUL no sustituye a la medición. (INSUL,n.d). Se recomienda tener como primera fuente la normativa para comparar los resultados de predicción.

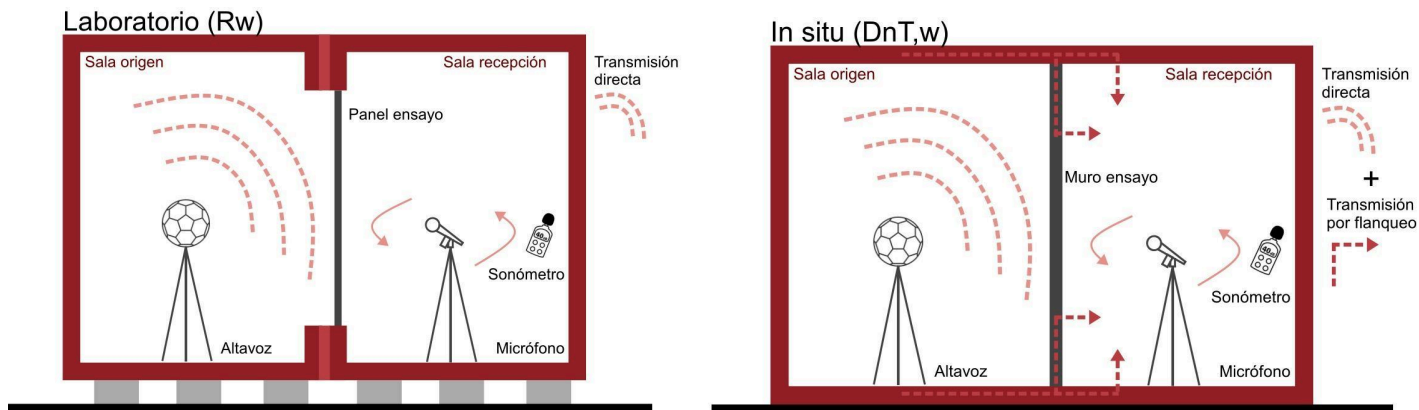


Figura 3: Diferencia entre el término de ruido aéreo para laboratorio e in situ. Fuente: Elaboración propia, referenciado de la norma ISO 12354-1 y la clase de diseño acústico del CIM-UC

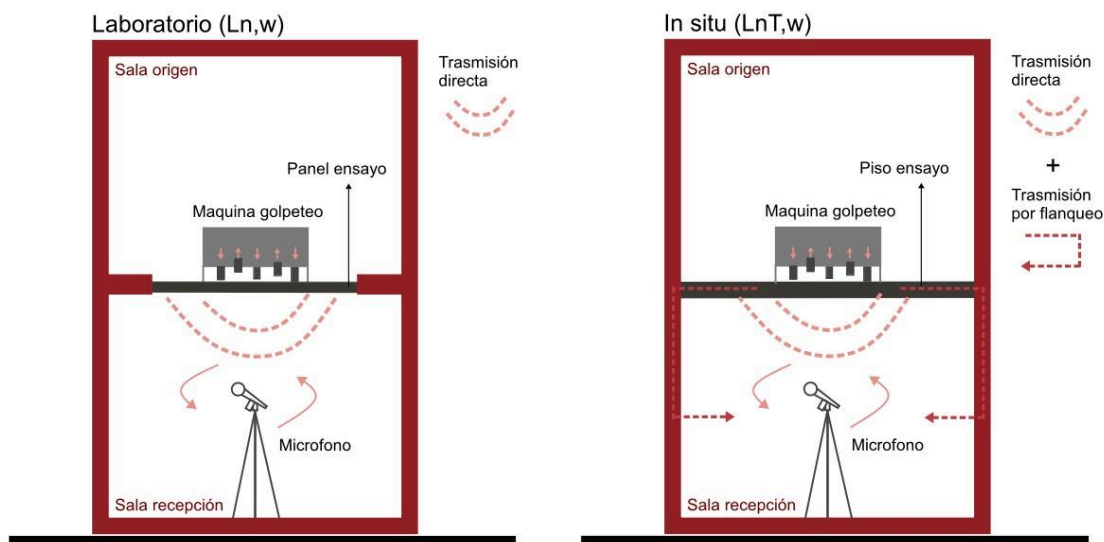
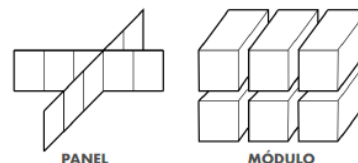


Figura 4 : Diferencia entre el término de ruido de impacto para laboratorio e in situ. Fuente: Elaboración propia, referenciado de la norma ISO 12354-2 y la clase de diseño acústico del CIM-UC

### 1.3.2 Vivienda industrializada: Madera y acústica

La vivienda industrializada se define por el MINVU como “aquella en que se emplea un sistema constructivo constituido por elementos y/o componentes dimensionalmente coordinados, producidos industrialmente, siguiendo diseños tipificados y procedimientos en su mayor parte mecanizados y utilizando controles de calidad en las etapas de fabricación y montaje”. (Alvarado, n.d.)

Principalmente contruidos en entramado liviano. Una de las principales ventajas de este sistema es su fácil manipulación y su liviandad, lo que permite que sea un sistema altamente prefabricable, llegando a la obra como paneles o módulos. (Aguilera, 2023). Ver Anexo 1.



**Figura 5:** Nivel de prefabricación. Fuente: Principios de la construcción industrializada.

Desde el CIM, UC (n,d) indica que “la madera, como material de construcción, cumple un rol acústico importante en habitaciones y aislamiento de edificios, ya que tiene la capacidad de amortiguar las vibraciones sonoras. Su estructura celular porosa transforma la energía sonora en calórica, debido al roce y resistencia viscosa del medio, evitando de esta forma transmitir vibraciones a grandes distancias”.

La aislación acústica en la construcción no solo depende de los materiales que se ocupen sino también de la forma de construir con cada uno de ellos (Pino, 2016). En otras palabras, si existen detalles que queden mal definidos en el trabajo de planificación previo, ello tendrá consecuencias negativas en la fabricación de la vivienda industrializada que serán difíciles de enfrentar posteriormente en la etapa de construcción o instalación. (Alvarado, n.d.)

### 1.3.3 Legislación para el acondicionamiento acústico

#### 1.3.3.1 Estándar internacional: Organización Internacional de Normalización.

A nivel internacional, existe una red de institutos de normas compuesta por 172 países, que componen la Organización Internacional de la Normalización (ISO, n.d). Es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. (Vásquez, 2024). Según indica el artículo de ProChile (2020), “la implementación de las Normas ISO no es obligatoria, pero su cumplimiento puede ser exigido por el comprador o por el mercado, debido a que se trata de estándares que garantizan niveles de calidad que los proveedores deben cumplir”.

Existe una amplia gama de estándares acústicos definidos por la ISO desde 1971. La norma 1996:1971 fue pionera, guía y base para la elaboración de legislaciones, protocolos de ensayo, acreditaciones y mediciones acústicas de calidad para toda la comunidad acústica (Construible, 2020).

### 1.3.3.2 Normativa iberoamericana: España y Chile

España es el país líder en iberoamérica en calidad acústica de viviendas. La normativa vigente en España en acústica de la edificación son en su mayoría adopciones de normas Europeas (EN) e internacionales ISO (Meza, 2008). Primero, se promulgó el Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido”, el cual se encuentra vigente la última actualización desde diciembre del año 2019. Posteriormente, se crea la Norma UNE 74201 en el año 2021 que describe los criterios para las clases y los procedimientos para la clasificación acústica de edificios (UNE, 2021). En complemento a las exigencias normativas, existe el Catálogo de Elementos Constructivos que fue concebido como un instrumento de ayuda para el cumplimiento de las exigencias generales de diseño establecidas en el Código Técnico de la Edificación (Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, CEPCO, & AICIA, 2011).

En Chile, la investigación en relación al comportamiento acústico de edificaciones o viviendas es escasa (Pino, 2016). Las normativas NCh 352-1:2000 y el Artículo 4.1.6 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (2005), son reguladas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y verificada su fiscalización por las direcciones de obras correspondientes a cada comuna, pero éstas muchas veces carecen de las competencias necesarias, ya que comúnmente desconocen las implicancias de la acústica e importancia de esta (Bustos, 2011). Por otro lado, tal como menciona Diario VI Región. (2024): “a través de los años, el MINVU, basándose en lo establecido por la OGUC, ha provisto de tres Listados Oficiales de Soluciones Constructivas como una opción para acreditar los requisitos de acondicionamiento térmico, seguridad y resistencia contra el fuego, y acondicionamiento acústico”. Este último, correspondiente al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico, el cual se encuentra vigente desde su última actualización en mayo del año 2024.

El desglose de relación entre normativas acústicas se puede ver en el siguiente esquema:

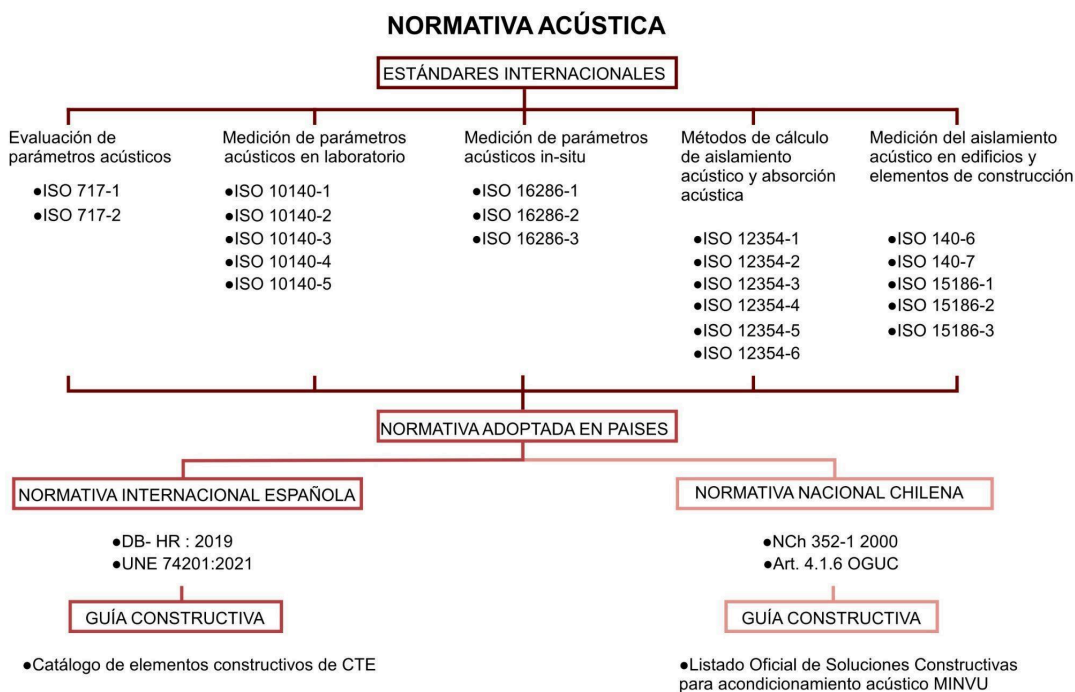


Figura 6: Mapa conceptual normativa acústica. Fuente: Elaboración propia

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN/ HIPÓTESIS

¿Cuáles son los parámetros para mejorar el acondicionamiento acústico, de ruido aéreo y ruido de impacto, para una solución constructiva de entrepiso en entramado liviano de madera para viviendas industrializadas?

A partir de un estudio comparativo entre normas nacionales e internacionales sobre acondicionamiento acústico, se busca desarrollar soluciones de paneles de entrepiso industrializados en madera que cumplan con estándares mejorados de aislación acústica, complementando así el Listado Oficial de Soluciones Constructivas del MINVU.

### 2.2 OBJETIVOS

#### Objetivo general

Proponer nuevas soluciones constructivas de acondicionamiento acústico, para ruido aéreo y de impacto, de entrepiso en entramado liviano en madera, en base al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para el Acondicionamiento Acústico, a través de un análisis comparativo entre las normativas nacionales (NCh) e internacionales (UNE), que permita actualizar y establecer requerimientos acústicos de mejor estándar para viviendas industrializadas.

#### Objetivos específicos

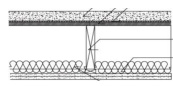
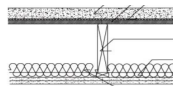
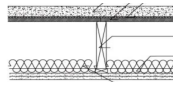




1. Revisión de literatura a partir de un estudio de normativa internacional española y norma nacional chilena. Así, posteriormente realizar una síntesis comparativa sobre los estándares exigidos para el acondicionamiento acústico.
2. Determinar cuales son las estrategias de diseño relevantes para mejorar la aislación acústica, tanto para ruido aéreo como de impacto, para entrepisos de entramado liviano de madera, en base al estudio normativo del objetivo 1 y estudio de artículos de investigación relacionado al tema.
3. Proponer cuatro soluciones acústicas mejoradas en base a una solución existente de entramado de madera del Listado MINVU, validando su calidad mediante una simulación de desempeño acústico en el software INSUL.

### 2.3 CASO DE ESTUDIO

El estudio usa como referente el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico, emitido por el MINVU. Este documento contiene soluciones diseñadas para cumplir los requisitos de aislación acústica en edificaciones, particularmente en viviendas. La investigación se enfoca en las soluciones de entrepiso de entramado ligero en madera, el cual presenta tres soluciones que cumplen con la normativa de ruido aéreo y de impacto, pero no son prefabricables debido a que presenta elementos no prefabricados, como la sobrelosa de hormigón, construida in-situ. El Anexo II del listado, en cambio, incluye cuatro soluciones de entrepiso de entramado ligero que, según MINVU (2024), “no cuentan con exigencias en el artículo 4.1.6 de la OGUC”, que establece los valores mínimos para aislar ruido aéreo ( $R_w$ ) y de impacto ( $L_{n,w}$ ) en viviendas.

La propuesta considera la penúltima solución del Anexo II, demarcada en el recuadro, debido a que tiene uno de los peores desempeños acústico de las soluciones del listado, además de no cumplir con los valores mínimos de aislación para ruido aéreo (45 dB) y de impacto (75 dB). Destacando en color verde los valores que cumplen y en rojo lo que no. Se propone hacer cuatro soluciones de mejora al desempeño acústico, conforme a los objetivos de esta investigación.

**Tabla 3**
*Soluciones acústicas en entramado liviano de madera del Listado Oficial*

Listado Oficial		Componentes	Prefabricable	R'w + C	Ln',w	Detalle
<b>Soluciones formales</b>	Código D.EP.M.01.01	-Sobrelosa H.A (41mm) -Placa Terciado (15mm) -Membrana acústica (5mm) -Envigado Pino (35x164mm) -Lana mineral (120mm) -2 placas yeso cartón RF (15mm c/u)	<input type="checkbox"/>	49 dB	67 dB	
	Código D.EP.M.01.02	-Sobrelosa H.A (41mm) -Placa Terciado (15mm) -Membrana acústica (5mm) -Envigado Pino (41x185mm) -Lana mineral (120mm) -2 placas yeso cartón RF (15mm c/u)	<input type="checkbox"/>	47 dB	67 dB	
	Código D.EP.M.01.03	-Sobrelosa H.A (41mm) -Placa Terciado (15mm) -Membrana acústica (5mm) -Envigado Pino (33x185mm) -Lana mineral (120mm) -2 placas yeso cartón RF (15mm c/u)	<input type="checkbox"/>	48 dB	67 dB	
<b>Soluciones informativas Anexo II</b>	Código I.EP.M.01.01	-OSB (18mm) -Envigado Pino (45x142mm) -Lana mineral (140mm) -Fibrocemento (6mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	38 dB	75 dB	
	Código I.EP.M.01.02	-OSB (18mm) -Envigado Pino (41x138mm) -Lana mineral (140mm) -Yeso cartón RF (12,5mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	36 dB	75 dB	
	Código I.EP.M.01.03	-Terciado (18mm) -Envigado Pino (41x138mm) -Lana mineral (140mm) -Fibrocemento (6mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	35 dB	78 dB	
	Código I.EP.M.01.04	-Terciado (18mm) -Envigado Pino (41x138mm) -Lana mineral (140mm) -Yeso cartón RF (12,5mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	38 dB	79 dB	

## 2.4 DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación es de tipo descriptiva experimental, puesto que se busca identificar y clasificar requerimientos relevantes de aislación acústica para proponer mejoras constructivas en la vivienda industrializada. La cual se llevará a cabo de acuerdo a los tres objetivos específicos que se plantearon anteriormente, cada objetivo específico tiene sus propias actividades y labores.

### Objetivo Específico 1: Revisión de literatura normativa.

- **Recolección de datos:** Los textos para la revisión bibliográfica y elaboración de instrumento de medición son:

Normativa nacional chilena	Normativa internacional española
→ Norma Chilena NCh 352/1 (2000)	→ Norma Española UNE 74201:2021
→ Artículo 4.1.6. Las exigencias acústicas de la OGUC (2004)	→ DB HR - Documento Básico protección frente al ruido (2019)
→ Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico del MINVU	→ Catálogo de Elementos Constructivos del CTE (2011)

- **Análisis de datos y resultados:** Esta etapa tiene carácter cuantitativo, ya que se espera recopilar información de tipo normativa estructurado de la siguiente forma: Contexto - Propósito - Alcance - Métodos de verificación - Clasificación acústica - Síntesis. De esta forma, se puede analizar y resumir los datos de manera mas clara y ordenada.
- **Interpretación de resultados:** Con la base de datos sistematizada, se crearán dos tablas de síntesis comparativa. La primera tabla, corresponde a comparar los parámetros mas destacados entre las normas, con énfasis en los valores estándar de cada país para la aislación acústica. La segunda tabla, quiere relacionar los elementos en común entre guías constructivas acústicas.

### Objetivo Específico 2: Estrategias de diseño acústico

- **Recolección de datos:** Se estudiarán catálogos en torno a la aislación acústica para construcciones en entramado liviano de madera y estudios en donde se haya puesto en práctica algunas simulaciones acústicas. La etapa tiene carácter cuantitativo. La revisión se basará principalmente en “Net-Acoustics for Timber based Lightweight Buildings and Elements- Chapter 4.”, “Improving the Impact Insulation of Light Timber Floors”, “Guide for Sound Insulation in wood frame construction” y “NZ Wood Design Guides” y la clase de diseño acústico “Diseño para desempeño acústico en madera” del CIM-UC, citados en la bibliografía.
- **Análisis de datos y resultados:** En la lectura de estos documentos, se considerarán conceptos, técnicas, materiales y combinación de elementos que funcionen acústicamente. Se enfatiza el estudio de entrepiso para entramado de madera, por lo que se estructura el análisis de entrepiso en componentes de Suelo - Estructura - Techo.
- **Interpretación de resultados:** Una vez recopilada las principales técnicas que ayudan a mejorar los índices de valores acústicos, se pretende crear una tabla síntesis de las principales recomendaciones de diseño acústico estructurado como se describió anteriormente.

### Objetivo Específico 3: Propuesta soluciones acústicas

- **Análisis de datos y resultados:** Se relacionan los objetivos 1 y 2 para crear las soluciones acústicas. Primero, en base a las tablas comparativas de las normas, se propone un valor estándar para aislar ruido aéreo y de impacto, con el fin de tener un criterio para evaluar las soluciones. Segundo, se procede a diseñar las soluciones acústicas siguiendo como guía las recomendaciones de la tabla síntesis del objetivo 2.
- **Simulación en software:** Se obtiene una licencia de prueba limitada en el software INSUL, gracias al proveedor representante en el país. Se simulará el panel de entrepiso por casa solución, usando una base de datos de materiales de proveedores nacionales, y así ver su comportamiento acústico, ingresando datos de superficie, volumen y criterio de norma con la que evaluará el software. Se comparará los valores obtenidos con los valores propuestos para aislar el ruido aéreo y de impacto.
- **Interpretación de resultados:** Teniendo como referencia la interfaz del software, se reordenará la información de manera mas gráfica para representar los resultados y se explicarán las razones del comportamiento acústico de la solución en base a la combinación de materiales y técnicas de diseño acústico.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Revisión documental: Normativa acústica

##### 3.1.1 Norma Chilena NCh 352/1 (2000) : Aislación Acústica - Construcciones de uso habitacional - Requisitos mínimos y ensayos

1. **Contexto:** Fue promulgada oficial el 30 de Marzo del año 2000, previamente aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de la Normalización (INN), organismo encargado de estudiar y elaborar las normas técnicas a nivel nacional. El INN representa a Chile ante la Organización Internacional de Normalización.
2. **Propósito:** Establecer requisitos mínimos de aislación acústica y métodos de ensayo para edificios residenciales, protegiendo a los habitantes de ruidos molestos.
3. **Alcance:** Aplicable a construcciones de uso habitacional, evaluando ruidos externos, de viviendas contiguas y de instalaciones internas. También se puede utilizar para: Evaluar compatibilidad de niveles de ruido de una zona para uso habitacional, impacto de nuevas actividades y necesidades de aislación en construcciones futuras.
4. **Métodos de verificación:** Incluye mediciones in situ para aislación de fachadas, separación entre viviendas y transmisión de ruidos de instalaciones mecánicas, hidráulicas y eléctricas. Se verifica mediante ensayos en los recintos más expuestos, como dormitorios o salas de estar.
5. **Clasificación acústica:** La aislación acústica mínima de las construcciones habitacionales se establece evaluando su comportamiento ante los siguientes tipos de ruido:

**Tabla 4**  
*Requisitos acústicos de uso habitacional*

Parámetro	Origen de Ruido	Aislación dB(A)
A	Medio ambiente exterior	20-40
B	Construcciones contiguas	45
C	Instalaciones sanitarias y mecánicas externa	40
D	Áreas comunes	30

Fuente: Elaboración propia a partir de la norma NCh 352: 2000

El Anexo A del documento tiene fines informativos, por lo que no es exigencia. El cual indica que para las viviendas que desean ofrecer un nivel superior de aislación acústica, se deben realizar mediciones frente a otro tipos de ruido adicionales, como:

C1,C2 = Ruido proveniente de instalaciones sanitarias y mecánicas externas.

D1, D2 = Ruido proveniente de áreas comunes.

E1,E2,E3 = Ruido proveniente de viviendas contiguas ubicadas superiormente

F1,F2,F3 = Ruido proveniente de la misma vivienda

Para objetivos de esta investigación, se mencionan los parámetros asociados al estudio:

**Tabla 5**  
*Requisitos según grado de aislación acústica*

Parámetro	Emisor	Receptor	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Método Ensayo
E1	Recinto superior	Dorm o Estar	51 dB(A)	54 dB(A)	57 dB(A)	60 dB(A)	NF S 31-057 Ruido de impacto
E2	Recinto superior	Dorm o Estar	66 dB(A)	64 dB(A)	62 dB(A)	60 dB(A)	NF S 31-057 Ruido de impacto
F3	Recinto superior	Recinto inferior	70 dB(A)	70 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)	NF S 31-057 Ruido de impacto

6. **Síntesis:** Se enfoca en aislación acústica para fachadas y su relación con el exterior. Exigiendo una aislación mínima de 20-40 dB(A) para fachadas y 45 dB(A) entre viviendas contiguas. Si bien, el Anexo A es buen indicador, aún falta precisar la diferencia de “grados” y cambiar de carácter recomendativo a exigencia normativa.

### 3.1.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción – Artículo 4.1.6. Las exigencias acústicas

1. **Contexto:** El artículo 4.1.6 fue establecido por el Decreto 87 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el 9 de septiembre de 2004.
2. **Propósito:** Establecer las exigencias acústicas para los elementos constructivos que separan unidades de vivienda en edificios colectivos, continuos o pareados, asegurando un adecuado aislamiento acústico entre las unidades habitacionales y recintos no habitables.
3. **Alcance:** Aplicable a elementos constructivos verticales y horizontales que dividen unidades de vivienda, así como aquellos que colindan con recintos no habitacionales del mismo edificio, excluyendo ventanas, puertas y techumbres no habitables.
4. **Métodos de verificación:** Demostrar el cumplimiento de la exigencia acústica mediante:

**Tabla 6**  
*Método de verificación para la aislación acústica en Chile*

Listado Oficial MINVU	Informe de Ensayos	Informe de Inspección
Utilización obligatoria de soluciones constructivas acústicas presentadas en el listado.	Emitidos por laboratorios registrados en el Registro Oficial de Laboratorios de Control de Calidad de Construcción	Emitidos por entidades registradas en el Registro de Consultores- Sub especialidad acústica o por un laboratorio certificado

5. **Clasificación acústica:** Especifica una clasificación de aislación acústica para elementos horizontales (entrepisos/techo) y para elementos verticales (muro).

**Tabla 7**  
*Valores acústicos exigidos en Chile*

Elementos horizontales	Impacto (Ln,w)	75 dB
	Aéreo (R,w)	45 dB
Elementos verticales	Aéreo (R,w)	45 dB
	Impacto (Ln,w)	No aplica

6. **Síntesis:** Declara las exigencias acústicas mínimas y hace referencia a Listado de soluciones e informes de ensayo oficiales para servir como guía para el diseño de soluciones acústicas óptimas. Debería formar parte de la Norma y no solo ser un apartado dentro de la Ordenanza.

### 3.1.3 DB HR - Documento Básico de protección frente al ruido

1. **Contexto:** El Real Decreto 1371 aprueba el documento el 19 de octubre del año 2007 del Código Técnico de la Edificación (CTE), modificado por la Orden VIV/984/2009 y por el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre del 2019. (UNE, 2021)
2. **Propósito:** Detalla procedimientos de verificación y caracterización de exigencias acústicas, incluyendo valores límite de aislación y tiempo de reverberación. Se abordan aspectos de diseño, productos de construcción, elementos prefabricados y control de ejecución, así como mantenimiento. Incluye anexos con terminología y guías de cálculo (UNE,2021)
3. **Alcance:** Se aplica a todo tipo de edificios y sus recintos, tanto nuevos como existentes, que se sometan a reformas o cambios de uso. Existen excepciones para recintos ruidosos, edificios de pública concurrencia destinados a espectáculos, aulas y salas de conferencias con volumen mayor a 350 m<sup>3</sup>, y obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación en edificios existentes, salvo rehabilitación integral.
4. **Métodos de verificación:** El cumplimiento de las exigencias se verifica mediante

**Tabla 8**

*Método de verificación para la aislación acústica en España*

Cálculo y modelos	Mediciones In Situ	Ensayos de laboratorio	Parámetros acústicos
Utilización de modelos simplificados y detallados para transmisión acústica estructural	Medición de aislación acústica a ruido aéreo y de impacto, y de tiempo de reverberación	Determinación de las características acústicas de productos y elementos constructivos	Evaluación de aislación acústica en edificios y elementos de construcción
Norma ISO 12354	Norma ISO 16283	Norma ISO 10140	Norma Iso 717-1 y 2

### 5. Clasificación Acústica

Se hace una distinción para aislación acústica para elementos constructivos interiores que conformen los siguientes tipos de recintos:

**Tabla 9**

*Tipología de recintos en España*

Recinto protegido	Recinto habitable	Recinto de instalaciones	Recinto de actividad
Requiere alto nivel de aislación acústica, requieren mas tranquilidad y protección frente a ruido	Uso de actividades residenciales, laborales, educativas o de ocio. Requisito acústico normal	Espacio que alberga equipos y sistemas técnicos. Generar ruido y vibraciones.	Destinado a actividades que pueden generar altos niveles de ruido
Dormitorios - Sala estar Sala estudio - Oficina Biblioteca - Hospitales	Habitaciones - Aulas Salones - Comedores Cocinas - Baño - Pasillos	Cuarto de máquinas Sala calderas - Ventilación Cuarto bombas	Auditorios - Sala música Teatro - Cine - Bar - Taller Gimnasio - Restaurante

**Tabla 10**  
**Valores acústicos para aislación de ruido aéreo en España**

Recinto	Protección frente a	Índice/Valor límite
Recintos protegidos	Ruido generado en recintos pertenecientes a la misma unidad de uso	$R_w \geq 33$ dBA (tabiquería)
Recintos protegidos	Ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso, sin puertas o ventanas compartidas	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA
Recintos protegidos	Ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso, con puertas o ventanas compartidas	$R_w$ (puertas o ventanas) $\geq 30$ dB (cerramiento) $\geq 50$ dB
Recintos protegidos	Ruido generado en recintos de instalaciones o recintos de actividad	$D_{nT,A} \geq 55$ dB
Recintos habitables	Ruido generado en recintos pertenecientes a la misma unidad de uso	$R_w \geq 33$ dB (tabiquería)
Recintos habitables	Ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso, sin puertas o ventanas compartidas	$D_{nT,A} \geq 45$ dB
Recintos habitables	Ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso, con puertas o ventanas compartidas (edificios residenciales u hospitalarios)	$R_w$ (puertas o ventanas) $\geq 20$ dBA (cerramiento) $\geq 50$ dB
Recintos habitables	Ruido generado en recintos de instalaciones o recintos de actividad, sin puertas compartidas	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA
Recintos habitables	Ruido generado en recintos de instalaciones o recintos de actividad, con puertas compartidas	$RA$ (puertas) $\geq 30$ dB (cerramiento) $\geq 50$ dBA
Recintos habitables y protegidos (colindantes con otros edificios)	Ruido aéreo a través de medianeras entre dos edificios	$D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dBA (por cerramiento) o $D_{nT,A} \geq 50$ dBA (conjunto de cerramientos)

La tabla 10, muestra los valores mínimos de nivel de ruido aéreo entre recintos pertenecientes a distintas unidades de uso. Destacándose en color, el valor que aportará en términos de la investigación.

**Tabla 11**  
**Valores acústicos para ruido de impacto en España**

Recinto	Protección frente a	Nivel límite de presión R. Impacto ( $L'_{nT,w}$ )
<b>Recintos protegidos</b>	Ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso (colindante vertical, horizontal o con arista común)	$\leq 65$ dB
<b>Recintos protegidos</b>	Ruido generado en recintos de instalaciones o recintos de actividad (colindante vertical, horizontal o con arista común)	$\leq 60$ dB
<b>Recintos habitables</b>	Ruido generado en recintos de instalaciones o recintos de actividad (colindante vertical, horizontal o con arista común)	$\leq 60$ dB

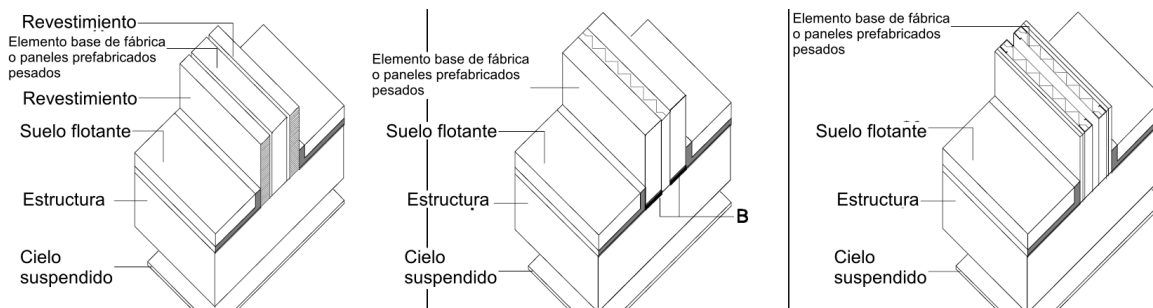
La tabla 11, muestra los valores máximos de nivel de ruido de impacto entre recintos pertenecientes a distintas unidades de uso. Destacándose en color, el valor que aportará en términos de la investigación.

**6. Diseño y dimensionamiento:** Establece un esquema y recomendaciones para el diseño de elementos constructivos tanto verticales como horizontales:

**TIPO 1:** En base a elementos de 1 o 2 hojas de fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados

**TIPO 2:** En base a 2 hojas de fábrica o paneles prefabricados pesados con bandas elásticas en su perímetro

**TIPO 3:** Elementos de 2 hojas de entramado autoportante



**Figura 7:** Composición de elementos de separación entre recintos: Fuente: DBHR (2019)

Los forjados (estructura de piso), deben disponer de suelo flotante y de un techo suspendido con los que cumplan los valores de aislación para ruido aéreo y de impacto. Los suelos flotantes pueden contar con material aislante a ruido de impacto, con amortiguadores o combinación de ambos. El techo suspendido debe instalarse con amortiguadores que eviten transmisiones de bajas frecuencias.

**7. Síntesis:** En resumen, el DBHR clasifica los edificios en función de su comportamiento acústico mediante una serie de criterios que incluyen la aislación acústica a ruido aéreo y de impacto, el control del ruido de instalaciones, y los requisitos específicos para fachadas, cubiertas, espacios comunes y especiales. Es un documento bastante integral de todas las variantes del proceso de construcción, desde la teoría, formulación de diseño y validación hasta la elección de materiales, fabricación y seguimiento de ejecución.

### 3.1.3 Norma Española UNE 74201 (2021)

1. **Contexto:** Fue promulgada el 22 de septiembre del año 2021, elaborada por el comité técnico CRN 74 Acústica, cuya secretaría desempeña la Asociación Española de la Normalización (AENOR). Esta norma se basa en el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido”, y con el objeto de evitar duplicidades, hace referencias al DB-HR en ciertos puntos en los que se considere necesario.
2. **Propósito:** Proporcionar criterios y procedimientos para la clasificación acústica de edificios en España, asegurando condiciones acústicas satisfactorias en nuevas construcciones y rehabilitaciones. Ayudar a las administraciones públicas a definir requisitos mínimos de condiciones acústicas en la reglamentación de edificación
3. **Alcance:** Aplicable a edificios de uso residencial, públicos y privados, ya sean edificios en altura o viviendas adosadas o no, así como también edificios de uso hospitalario/ sanitarios y educativos, tanto nuevos como existentes.
4. **Métodos de verificación:** Incluye evaluaciones teóricas, inspecciones visuales y mediciones total o parcialmente in situ para asegurar el cumplimiento de las clases acústicas especificadas.

5. **Clasificación Acústica:** Define seis clases (A,B,C,D,E, F) de confort acústico, con A siendo la más alta y F la más baja. La clasificación se basa en las siguientes características acústicas: 1) Ruido aéreo entre recintos; 2) Ruido de impactos; 3) Ruido exterior; 4) Ruido de las instalaciones del edificio; y 5) Tiempo de reverberación en aulas y áreas comunes. En cuanto a la nomenclatura de las clases, tal como se menciona en el Anexo C de la norma, la clase D se basa en los valores especificados según el DB-HR (estándar previo a esta norma). Las clases A,B,y C aportan protección frente a ruido superior, otorgando mejor confort acústico y por último las clases E y F corresponden a una protección frente al ruido inadecuado, sólo es aplicable a viviendas antiguas. Para términos de esta investigación, se considera los criterios para las primeras dos características acústicas:

**Tabla 12**

*Valores de aislación acústica para ruido aéreo según clase en España*

Tipo de recinto	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
Entre recintos protegidos y otros recintos, tanto en dirección horizontal como vertical	$D_{n,T,a} \geq 60$	$D_{n,T,a} \geq 57$	$D_{n,T,a} \geq 54$	$D_{n,T,a} \geq 50$	$D_{n,T,a} \geq 46$	$D_{n,T,a} \geq 46$
Entre recintos protegidos y recintos de instalaciones o de actividad	$D_{n,T,a} \geq 65$	$D_{n,T,a} \geq 62$	$D_{n,T,a} \geq 59$	$D_{n,T,a} \geq 55$	$D_{n,T,a} \geq 51$	$D_{n,T,a} \geq 51$
Entre recintos protegidos y zonas comunes o áreas de acceso con las que compartan puerta	$D_{n,T,a} \geq 40$	$D_{n,T,a} \geq 37$	$D_{n,T,a} \geq 34$	$D_{n,T,a} \geq 30$	$D_{n,T,a} \geq 28$	$D_{n,T,a} \geq 28$

La tabla 12 muestra los valores mínimos de aislación acústica a ruido aéreo entre recintos pertenecientes a distintas unidades de uso. Resaltando la clase D como un estándar mínimo esperado y destacándose en color, los valores que aportarán en términos de la investigación.

**Tabla 13**

*Valores de aislación acústica para ruido de impacto según clase en España*

Tipo de recinto	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
En recintos protegidos desde otros recintos o zonas comunes, tanto en dirección horizontal como en vertical	$L_{n,T,w} \leq 47$	$L_{n,T,w} \leq 53$	$L_{n,T,w} \leq 59$	$L_{n,T,w} \leq 65$	$L_{n,T,w} \leq 70$	$L_{n,T,w} \leq 70$
Entre recintos protegidos y recintos de instalaciones o de actividad	$L_{n,T,w} \leq 42$	$L_{n,T,w} \leq 48$	$L_{n,T,w} \leq 54$	$L_{n,T,w} \leq 60$	$L_{n,T,w} \leq 65$	$L_{n,T,w} \leq 65$

La tabla 13, muestra, los valores máximos de nivel de ruido de impacto entre recintos pertenecientes a distintas unidades de uso. Resaltando la clase D como un estándar mínimo esperado y destacándose en color, los valores que aportarán en términos de la investigación.

6. **Síntesis:** Proporciona un marco estandarizado para la evaluación, clasificación y certificación de la calidad acústica de los edificios, asegurando que se cumplan los niveles de confort acústico adecuados mediante un sistema de clasificación más detallado tanto para la aislación de ruido aéreo como para el ruido de impacto.

### 3.1.5 Síntesis comparativa

**Tabla 14**  
*Síntesis comparativa de normativa chilena y española*

Tópicos	NCh 352 -1		Art 4.1.6 OGUC		DB HR		UNE 74201	
<b>Objetivo</b>	Establecer requisitos mínimos de aislación acústica y métodos de ensayo para edificios residenciales en Chile		Definir estándares de aislación acústica para elementos constructivos en edificios residenciales en Chile.		Establecer los requisitos básicos para la protección frente al ruido en los edificios en España		Proporcionar criterios y procedimientos para la clasificación acústica de edificios en España, tanto nuevos como existentes	
<b>Alcance</b>	Residencial		Residencial		Residencial Hospitalario Cultural Docente Administrativo		Residencial Hospitalario Cultural Docente Administrativo	
Clasificación	Ruido aéreo Rw	Ruido de Impacto Lw	Ruido aéreo Rw	Ruido de Impacto Lw	Ruido aéreo Rw	Ruido de Impacto Lw	Ruido aéreo Rw	Ruido de Impacto Lw
	No especifica valores  (solo para fachadas)	No especifica valores	Elementos constructivos verticales y horizontales  45 dB(A)	Elementos constructivos horizontales  75 dB	Entre viviendas <b>≥ 50 dB.</b>  Entre dormitorios y otras estancias:  ≥ 30 dB	Entre viviendas: <b>≤ 65 dB</b>  Entre un dormitorio y una sala de estar:  ≤ 70 dB.	Clase A: ≥ 60 dB.  Clase B: ≥ 57 dB.  Clase C: ≥ 54 dB.  <b>Clase D: ≥ 50 dB.</b>  Clase E: ≥ 46 dB.  Clase F: < 46 dB	Clase A: ≤ 47 dB.  Clase B: ≤ 53 dB.  Clase C: ≤ 59 dB.  <b>Clase D: ≤ 65 dB.</b>  Clase E: ≤ 70 dB.  Clase F: > 70 dB.

Todas las normas subrayan la importancia de la aislación acústica en edificios para mejorar la calidad de vida de los ocupantes, minimizando las molestias por ruido. La norma chilena se centra en edificios residenciales, mientras que la española abarca una variedad de tipos de edificios y proporciona un esquema de clasificación detallado. Ambas requieren pruebas rigurosas y verificación para asegurar el cumplimiento de los criterios acústicos establecidos.

En conclusión, la DB-HR y la norma UNE 74201 ofrecen un sistema más allá que solo establecer valores estándar para aislación acústica, sino que otorgan un formato más detallado de recomendaciones, que abarca desde lo conceptual, el diseño, valores estándar, materialidad y ejecución correcta de un elemento constructivo, mientras que la NCh 352/1 y el Artículo 4.1.6 de la O.G.U.C. proporcionan requisitos mínimos sin clasificaciones tan detalladas.

### 3.2 Revisión documental: Guía de soluciones constructivas

#### 3.2.1 Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico del MINVU

1. **Contexto:** Aprobado por resolución exenta N°786 del 31 de mayo de 2024.
2. **Propósito:** Establece las soluciones constructivas oficiales de acondicionamiento acústico homologadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Esta herramienta de trabajo, incorpora además conceptos y nociones de buenas prácticas para el diseño y construcción de soluciones acústicas” (Sánchez, Dujovne y Poo, 2006)
3. **Exigencia :** Según el “Decreto N°47, de la OGUC, respecto a exigencias acústicas y otras materias” La solución constructiva especificada para los elementos horizontales, verticales o inclinados deberá corresponder a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (BCN, 2004)
4. **Validación:** Están respaldadas por informes de ensayos realizados por laboratorios acreditados y por informes de inspección válidos hasta mayo de 2029 y cumplen con el artículo 4.1.6 de la OGUC. Se pueden revisar en la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del MINVU
5. **Tipo Soluciones:** Incluye soluciones para elementos constructivos divisores verticales (tabiquería entramado liviano o acero galvanizado), elementos horizontales (entramado liviano o hormigón), elementos exteriores (hormigón y/o albañilería), divisiones interiores y mejoras acústicas.
6. **Ejemplo solución:** Elemento horizontal de entrapado ligero que señala los datos de acreditación, características técnicas y el desempeño acústico. Indica los valores de aislación acústica para ruido aéreo y de impacto. Para ruido aéreo, el Índice de reducción ( $R,w$ ) = 50 dB. Al aplicar la adaptación del espectro ( $C, Ctr$ ), el valor  $R,w + C$  ( $50, -2$ ) = 48 dB, que es la aislación acústica adaptada para el interior de vivienda y  $R,w + Ctr$  ( $50, -6$ ) = 44 dB, es la adaptación del espectro para ruido exterior, específicamente ruido de tráfico.



Figura 8: Ejemplo de solución constructiva del listado chileno. Fuente: Listado Soluciones MINVU (2024)

### 3.2.2 Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

1. **Contexto:** Fue promulgada en septiembre del 2009 por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y su última modificación remonta en el año 2011.
2. **Propósito:** Busca proporcionar a los usuarios una base de datos que recoja información de las características de los materiales, de las prestaciones higrotérmicas y acústicas de los elementos constructivos genéricos y de las especificidades constructivas relativas a las exigencias básicas del CTE.
3. **Exigencia:** Este documento no tiene carácter reglamentario, por lo que el proyectista podrá utilizar cualquier solución constructiva no contemplada en él, siempre que justifique el cumplimiento de las exigencias establecidas en el CTE. (CTE,2009)
4. **Validación:** Están respaldadas principalmente por el Documento Básico de Protección frente al Ruido del CTE. Además se basan en normas como la UNE-EN 12354 y ISO 140-6. Aún está pendiente la actualización del catálogo con la norma UNE 74201.
5. **Tipo Soluciones:** Incluye materiales, productos y elementos constructivos para cubiertas, fachadas, marcos de ventana, vidrios, huecos y particiones interiores detallando sus características higrotérmicas y acústicas.
6. **Ejemplo solución:** Presenta una solución de elemento horizontal que indica las nomenclaturas para losa o soporte resistente (SR), material aislante a ruido de impactos (AR), mortero (M) y acabado (AC). Menciona el tipo de aislante y sus variantes de espesores y finalmente el análisis térmico en la columna HE, que muestra el valor de transmitancia térmica (U) y el análisis acústico en la columna HR que muestra el valor delta  $\Delta$  entre las capas de la solución y la estructura SR, con respecto a la aislación para ruido aéreo y ruido de impacto. Tal valor es lo que aportan las capas con respecto a la estructura SR.

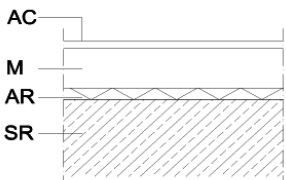
Código	Sección	Aislante a ruido de impactos AR		HE <sup>(8)</sup>	HR <sup>(9)</sup>	
		tipo	espesor mm	R <sub>SF</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
S01		EEPS	20	0,02+R <sub>AR</sub>	10[175 - 250] 6[300] 5[350] 4[400] 3[450] 3[500]	25
			30		15[175-250] 8[300] 7[350] 6[400] 5[450] 5[500]	28
			40		19[175-250] 9[300] 7[350] 6[400] 5[450] 4[500]	30

Figura 9: Ejemplo de solución constructiva del catálogo español. Fuente: Catálogo CTE (2009)

### 3.2.3 Síntesis comparativa

**Tabla 15**

*Síntesis comparativa de guía de soluciones acústicas chilena y española*

Parámetros	Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico	Catálogo de Elementos Constructivos del CTE
Contenido	Soluciones constructivas acústicas	Base de datos higrotérmicas y acústicas. → Materiales, soluciones y especificaciones constructivas
Exigencia normativa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valores medición	Ruido aéreo (R,w y Dn.Ta) Ruido de impacto (Ln.w)	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) Calor específico (c) Transmitancia térmica (U) Ruido aéreo (R,w y Dn.Ta) Ruido de impacto (Ln.w)
Categoría	Elem. Horizontal: losa o entrapiso de hormigón o entramado liviano en madera	Materiales y productos
	Elem. Vertical: tabiquería de entramado liviano o acero galvanizado	Soluciones constructivas: -Cubiertas -Vanos -Elementos divisorios horizontales -Elementos divisorios verticales -Elementos exteriores: fachadas
	Elem. Exterior: muro hormigón o albañilería	Puentes térmicos

Ambos documentos presentan una guía complementaria a la norma acústica establecida en cada país, con una serie de soluciones constructivas validadas en ensayos oficiales por consultores acústicos. Se puede observar que el catálogo del CTE ofrece un sistema completo que guía desde la idea conceptual del diseño hasta la ejecución en obra, lo cual lo hace un documento más integral que el Listado Oficial MINVU. Sin embargo, este último al ser más acotado, abarca muchas más soluciones constructivas que pueden compararse entre sí.

### 3.3 Estrategias de diseño acústico

A menudo, en pisos de entramado en madera, la gente se queja del zumbido o del sonido casi retumbante que hace alguien al caminar en el piso superior. También mencionan su descontento ante la posibilidad de oír a alguien que camina desde cualquier lugar. Una estructura básica sin ningún tipo de revestimiento de suelo resiliente o suelo flotante simplemente no ofrecerá suficiente confort acústico frente al sonido de impacto. (European Cooperation in Science and Technology [COST], 2008). Es por eso, que las siguientes estrategias para mejorar la aislación acústica para un piso de entramado liviano en madera, se referencian de distintos estudios (COST, 2008; Emms, Smith, Brown, & Jones, 2006; Emms, King, & Dunn, 2020; Quirt, Nightingale, & King, 2006). Además de investigar información de proveedores (Sonoflex, Volcán y Knauf), como también la revisión de algunas clases de acústica de la Pontificia Universidad Católica de Chile sobre “Diseño para desempeño acústico en madera” (Irazoqui, n.d.).

La mayoría de los sistemas de suelos que separan dos recintos, constan de tres capas estructuradas por las siguientes capas: **Suelo** (Flotante - resiliente - sobrelosa - piso técnico); **Estructura** (Vigas y tableros); **Techo** (placas - cielo falso con distanciadores resilientes o no)

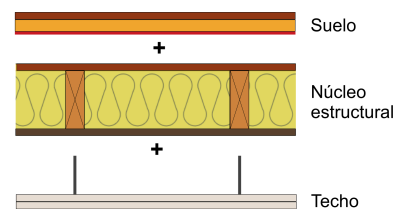

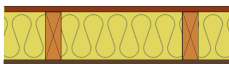



Figura 10: Componentes de entrepiso.  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16**  
Recomendaciones de diseño para soluciones acústicas.

Capas	Estrategia	Descripción	Material
<p>Suelo</p> 	Aumentar masa	Reduce vibraciones. Funciona mejor para frecuencias bajas. Ruido de impacto. Si se aumenta el doble de la masa, mejora la aislación en 6 dB	Placas de alta densidad: Fibrocemento (*) Yeso cartón reforzado Hormigón Relleno de arena o grava
	Desacoplamiento y amortiguación	Separar físicamente los componentes del suelo, minimiza las vibraciones y reduce el efecto de resonancia.	Piso flotante (*) Clip resiliente (*) Capas elásticas (*)
	Piso flotante (*)	Reduce el efecto de la resonancia. Ayuda al ruido de impacto. Reduce flanqueos	Terminación (rígida - semi rígida) + Capa elástica + Elemento rígido
	Clip resiliente (*)	Reduce el efecto de la resonancia. Ayuda al ruido de impacto. Reduce flanqueos	Liston metalico o de madera sobre soportes elásticos
	Capa elástica (*)	Ayuda a amortiguar la incidencia de la energía de impacto. Cuidar que no se comprima demasiado.	lana de vidrio, lana de roca, fibras de celulosa banda poliestireno
	Evitar efecto (*) resonancia	Evitar combinar materiales que tengan propiedades físicas similares	-
	Revestimiento flexible	Superficie blanda reduce la vibración	Alfombra - vinilo
<p>Núcleo estructural</p> 	Rigidizar estructura	Reducir las vibraciones mejora la aislación a ruido de impacto	Escuadría de gran dimensión
	Distanciamiento	400 a 600 mm	-
	Cavidad con relleno fibroso (*)	Reducir las vibraciones y energía sonora acumulada que pueda haber ingresado a la estructura. Amortigua resonancia.	lana de vidrio, lana de roca, fibras de celulosa banda poliestireno (3)
<p>Techo</p> 	Aislante blandos y flexibles en huecos (*)	Evita que se acumule la energía y amortigua resonancia a ruidos . Funciona mejor a frecuencias altas. Ruido aéreo	Aislación de fibra Lana mineral Lana de roca Fibra de celulosa
	Uso de clip resilientes o canal resiliente (*)	Reducir las vibraciones y energía sonora que pueda haber ingresado a la estructura. Evitar contacto directo con la estructura. Desacoplar. Evitar ondas estacionarias (5)	Clip resiliente Canal resiliente
	Aumentar cámara de aire	Aísla mejor ante al ruido aéreo	--
	Aumentar densidad de superficie de techo	Mejora el rendimiento de baja frecuencia. Reduce la frecuencia de la resonancia.	Placas de yeso en combinación placas de alta densidad

En general, se busca reducir al mínimo o idealmente impedir el ingreso de energía sonora que pueda entrar la estructura, por los efectos de resonancia que pudiese tener como consecuencia. Los documentos consultados mencionan que es más fácil tratar los problemas de alta frecuencia que los de baja frecuencia en los sistemas de suelos ligeros en madera. Una de las razones de esto es que se tiene más capacidad y facilidad técnica para poder medir y evaluar los problemas de alta frecuencia.

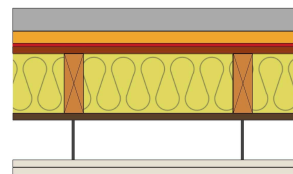
Se presentan diversas estrategias de solución, las cuales no necesariamente deben aplicarse simultáneamente. En cambio, se ofrece un listado para que se elija la opción que mejor se ajuste a las necesidades específicas, aunque algunas de estas estrategias pueden combinarse entre sí cuando sea necesario.

En el Anexo 2, se describen algunos conceptos y estrategias de la tabla marcadas en (\*) junto a imágenes de los materiales con sus proveedores, para tener una visión más completa de las recomendaciones y su base conceptual.

### 3.4 Propuesta solución constructiva acústica

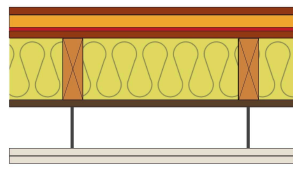
Por lo general, se encuentran dos soluciones sobre pisos de madera de entramado ligero. Se trata de una capa de hormigón ligero u otra masa colocada sobre un aislamiento acústico y una capa subyacente sobre la losa, o una solución "seca" con tableros aglomerados sobre listones que se asientan sobre soportes acústicos con aislamiento seco entre ellos.

#### Solución sobrelosa



Para efectos de esta investigación, se considera la solución "seca" debido al carácter de construcción prefabricada, ya que la opción con sobrelosa de hormigón ligero requiere ser preparado en obra y tiene tiempo de secado prolongado que no es afín a los principios de la prefabricación, que según indica COST (2008), en su guía de construcción en madera de entramado ligero, la prefabricación tiene carácter ágil, donde el tiempo de construcción en la obra se puede reducir en gran medida y está menos influenciado por las condiciones climáticas.

#### Solución seca

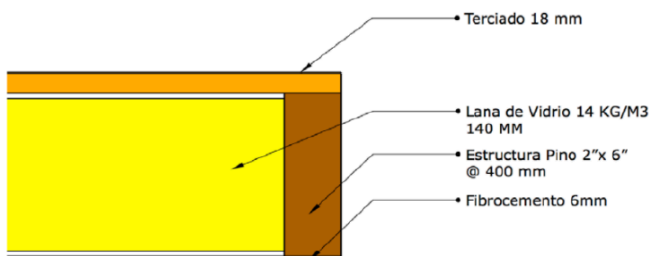


**Figura 11:** Tipología de entrepisos.  
Fuente: Elaboración propia

Para el caso de estudio mencionado al inicio de esta investigación, se rediseñará la solución de entrapiso de entramado liviano en madera I.EP.M01.03 del Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico, la cuál no cumple a las exigencias del art. 4.1.6 de la OGUC con respecto al valor estipulado para aislación de ruido aéreo (45 dB) y ruido de impacto (75 dB). Para más detalle se puede revisar el Anexo 3.

Se considerará cumplir con los valores de aislación acústica establecidos en la DB HR y la norma UNE 74201 clase D, los cuales para ruido aéreo se recomienda cumplir con un valor mínimo de 50 dB y para ruido de impacto cumplir con un valor máximo de 65 dB.

### 3.4.1 I.EP.M.01.03 Piso de entramado de madera con madera contrachapada y fibrocemento




**Figura 12:** Solución I.EP.M.01.03  
Fuente: Listado Oficial MINVU (2024)

**Tabla 17**  
*Datos de solución acústica*

Rw	39 dB
Rw + C	35 dB
Rw + Ctr	29 dB
Ln,w	78 dB
Superficie muestra	10,08 m2
Volumen recinto receptor	50 m3

Tal como se mencionó en la sección 3.3 una estructura básica sin ningún tipo de revestimiento no ofrecerá suficiente confort acústico, y como se puede observar en la solución I.EP.M.01.03 sólo contiene el núcleo de la estructura, faltando así componentes complementarios de revestimiento de suelo y techo para que funcione acústicamente.

**Tabla 18**  
*Diagnóstico de solución acústica*

Componentes de entrepiso	Requerimientos	
Suelo	No presenta elementos	
Núcleo - Estructura 	Rigidizar estructura	<input checked="" type="checkbox"/>
	Distanciamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cavidad con relleno fibroso	<input checked="" type="checkbox"/>
Techo	No presenta elementos	

Un aspecto positivo de los componentes del núcleo estructural, es que el terciado actúa como elemento rigidizador. La escuadría tiene un buen dimensionamiento. Además, cumple con el distanciamiento mínimo recomendado (@400mm) y proporciona una cámara de aire amplia, completamente rellena de lana mineral, lo que contribuye de buena manera a la aislación del ruido aéreo. No obstante, la solución se encuentra incompleta para funcionar acústicamente de manera correcta, ya que solo cuenta con el núcleo estructural, que si bien en su categoría contiene los componentes adecuados, aún le falta el refuerzo de los otros componentes de suelo y techo para tener un buen comportamiento acústico. Por esa razón, es posible que no haya alcanzado los valores mínimos de aislación acústica destacados en la tabla 7.

Para realizar un estudio, comparación y propuesta de soluciones nuevas, se realiza una simulación acústica en el software INSUL de la solución existente, para trabajar bajo los mismos criterios. Puede presentar un margen de diferencia de  $\pm 3$  dB, lo que es aceptable.

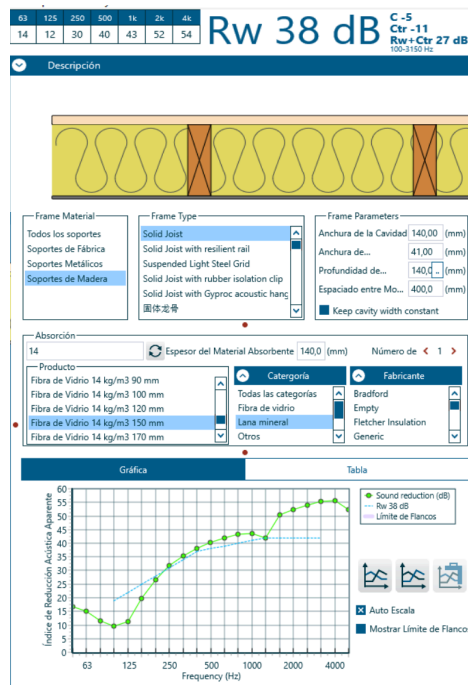


Figura 13: Interfaz software INSUL para ruido aéreo

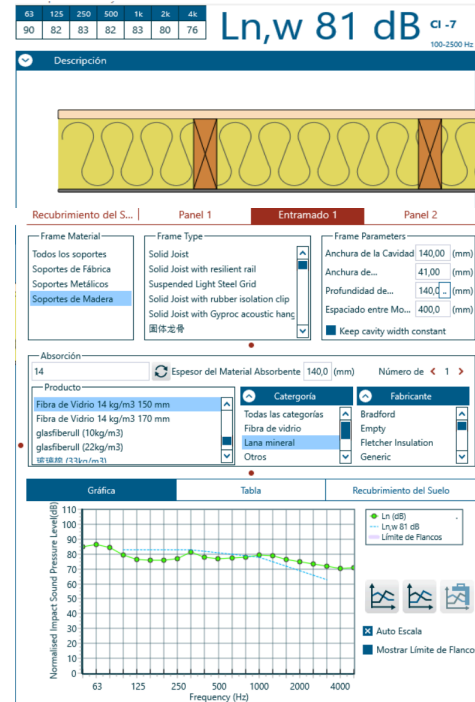
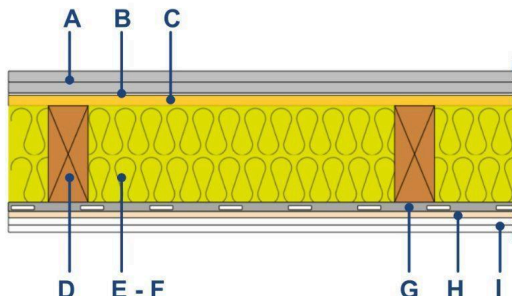


Figura 14: Interfaz software INSUL para ruido de impacto

Los datos ingresados para obtener esos valores fueron los indicados en la Figura 12 y tabla 17. El software tiene una base de datos de materiales de acuerdo al mercado nacional e internacional, por ende los materiales ingresados se asemejan en gran medida a los usados en el Listado Oficial. Luego, se indica que el cálculo de valores acústicos se realice de acuerdo a la ISO 717-1 y 2; posterior a eso se ingresa el tamaño del panel para que tenga una superficie de 10,08 m<sup>2</sup>, en este caso el panel mide 2,4 x 4,2 m y se ingresa que el volumen de la sala receptora sea de 50 m<sup>3</sup>.

El gráfico muestra cómo varía el nivel de aislación acústica en decibeles (dB) en función de la frecuencia (Hz). La línea verde indica cómo funcionaría acústicamente la solución en la vida real; y la línea azul, es una curva estándar que muestra un perfil teórico del comportamiento acústico del sistema, definida por la norma ISO 717-1, y sirve de referencia para comparar el desempeño acústico de la solución. En el caso del ruido aéreo (Rw), si la línea verde está por encima de la línea azul significa que el panel aísla mejor que el valor de referencia. En el caso del ruido de impacto (Lw) es al revés, si la línea verde está por debajo de la línea azul, tiene un desempeño acústico mejor.

**3.4.3 Rediseño de I.EP.M.01.03**  
 ● **SOLUCIÓN 1**

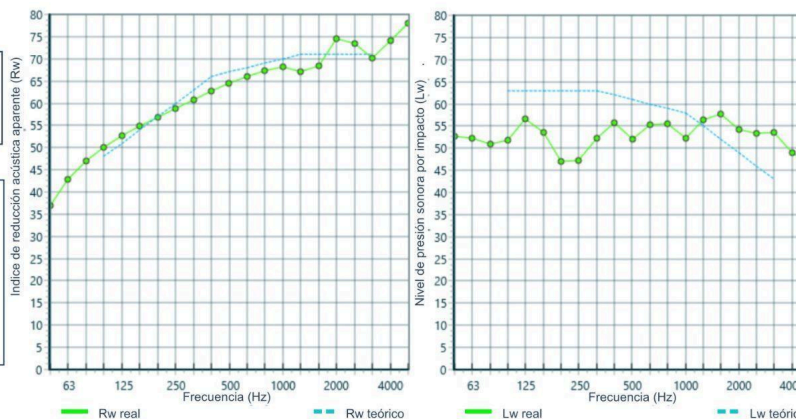


Materiales	Función
A 2 Placa fibrocemento traslapado (19mm)	Aumentar masa   Piso flotante
B Membrana de polietileno (4mm)	Amortiguador y desacoplador acúst.
C Madera contrachapada (18mm)	Rigidizador núcleo estructural
D Viga rígida madera 2x8"@600mm	Estructura de escuadría adecuada
E Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	Reduce vibraciones y amortigua resonancia
F Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	Desacopla estructura
G Soporte antivibratorio (185mm x 69mm)	Soporte y densidad
H OSB (11mm)	Densidad disminuye resonancia
I Yeso cartón RF (15mm) (2uni)	

	Rw	Ln,w
Estándar propuesto	50 dB	65 dB
Resultado	67 dB	61 dB
	C -1	Ctr -4
		Ci -10

Panel	2,4 x 4,2 m
Superficie	10,08 m <sup>2</sup>
Volumen sala receptora	50 m <sup>3</sup>
Norma	ISO 717-1-2
Rango frecuencia	100-3150 Hz

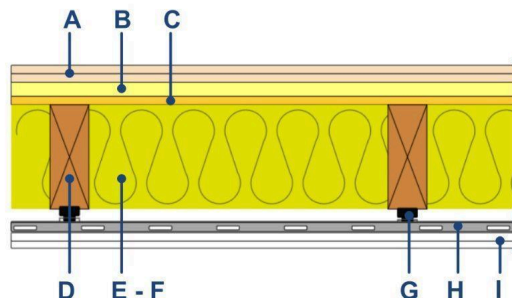


**Figura 15:** Solución entrepiso n1. Fuente: Elaboración propia simulado en software INSUL

El gráfico del Índice de Reducción Acústica (Rw) muestra que la solución propuesta tiene un rendimiento acústico continuo a lo largo de la curva. Desde frecuencias bajas (alrededor de 100 Hz), se cumple con la atenuación de ruido aéreo propuesto de 50 dB, mejorando progresivamente su desempeño en frecuencias altas. Para el ruido de impacto, se observa un excelente rendimiento acústico por debajo de la línea de referencia azul, con valores favorables en comparación al estándar propuesto de 65 dB. La curva comienza con un nivel de presión sonora de impacto de 55 dB, fluctuando entre 45-60 dB, lo cual es bueno ya que mientras menor sea el valor, mejor será el desempeño acústico.

Este comportamiento se debe al aumento de masa y densidad en los componentes del suelo, junto con una capa elástica que mejora la amortiguación del ruido de impacto, donde el fibrocemento contribuye por su densidad. El reemplazo del relleno de lana mineral por lana de roca de alta densidad ayuda a aislar el ruido aéreo. En cuanto al techo, la atenuación acústica se da en gran parte por los perfiles resilientes que amortiguan el paso de vibraciones por las vigas y los tableros frenan el ingreso de sonido gracias al aumento de masa.

● SOLUCIÓN 2



Materiales	Función
A Madera terciada (15mm)(2uni)	Aumentar masa   Piso flotante
B Panel losa (25mm)	Amortiguador y desacoplador
C MDF (15mm)	Rigidizador nucleo estructural
D Viga rígida madera 2x8"@600mm	Estructura de escuadría adecuada
E Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	Reduce vibraciones y amortigua resonancia
F Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	Reduce vibraciones y amortigua resonancia
G Clip resiliente bajo viga @600	Desacopla estructura
H Soporte antivibratorio (185mm x 69mm)	Reduce vibraciones
I Yeso cartón RF (15mm) (2uni)	Densidad disminuye resonancia

	Rw	Ln,w
Estándar propuesto	50 dB	65 dB
Resultado	68 dB	56 dB
	C-1 Ctr-5	Ci-6

Panel	2,4 x 4,2 m
Superficie	10,08 m <sup>2</sup>
Volumen sala receptora	50 m <sup>3</sup>
Norma	ISO 717-1-2
Rango frecuencia	100-3150 Hz

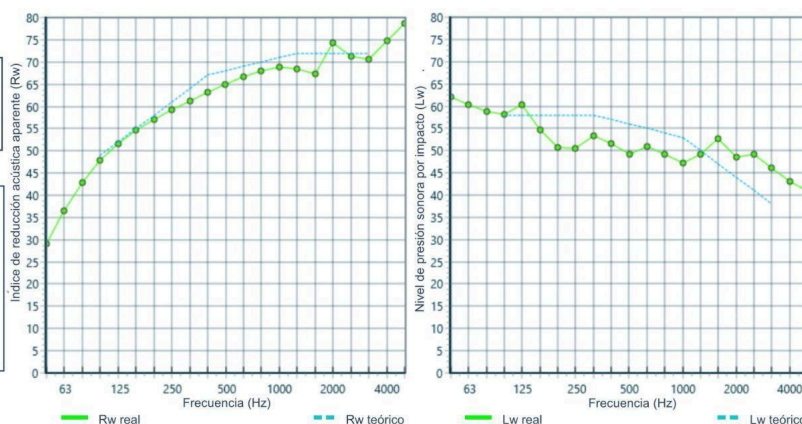
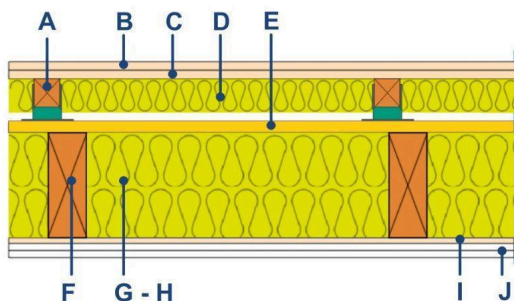


Figura 16: Solución entrepiso n2. Fuente: Elaboración propia simulado en software INSUL

En bajas frecuencias (63-125 Hz), la reducción acústica es baja, con un índice Rw de 25-30 dB, lo que indica que el panel no rinde bien para ruidos graves. Sin embargo, al aumentar la frecuencia, el índice mejora considerablemente, llegando a más de 70 dB en frecuencias altas (4000 Hz), por sobre el valor propuesto de 50 dB, lo que indica una excelente capacidad para bloquear sonidos agudos. En cuanto al ruido de impacto, el nivel disminuye con el aumento de la frecuencia. A frecuencias bajas (63-125 Hz), ya cumple con el estándar propuesto de 65 dB y a medida que se incrementa la frecuencia, el nivel de presión sonora disminuye, bajando cerca de 40-45 dB en frecuencias altas, lo que mejora la absorción del impacto.

Esto puede deberse a que la combinación del panel losa (ver Anexo X) con los dos tableros de terciado, al tener mayor espesor de la capa elástica, amortigua significativamente el sonido, mientras los tableros aportan masa y flexibilidad para atenuar su ingreso. En el techo, el uso de clips y perfiles resilientes desacopla la estructura, amortiguando el paso del sonido. Además, el yeso-cartón refuerza la resistencia al sonido y al fuego.

• SOLUCIÓN 3



Materiales	Función
A Clip resiliente + listón 2x2 @500mm	Desacoplar y amortiguar sonidos
B Madera terciada (15mm)	Elemento seco, resistente
C OSB (15mm)	Rigidizador estructura
D Lana de roca 60kg/m3 (60mm)	Cavidad llena disminuye resonancia
E Madera contrachapada (18mm)	Rigidizador núcleo estructural
F Viga rígida madera 2x8"@600mm	Est. principal bien dimensionada
G Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	Absorbe energía sonora
H Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	y amortigua resonancia
I OSB (11mm)	Soporte y densidad
J Yeso cartón RF (12,5mm) (2uni)	Densidad disminuye resonancia

	Rw	Ln,w
Estándar propuesto	50 dB	65 dB
Resultado	56 dB	59 dB
	C -0 Ctr -4	Ci -1

Panel	2,4 x 4,2 m
Superficie	10,08 m <sup>2</sup>
Volumen sala receptora	50 m <sup>3</sup>
Norma	ISO 717-1-2
Rango frecuencia	100-3150 Hz

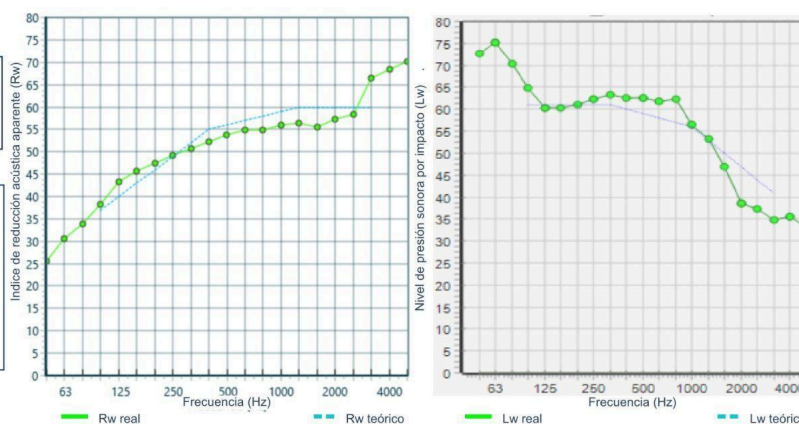
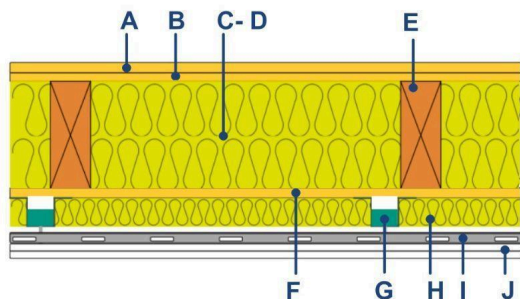


Figura 17: Solución entrepiso n3. Fuente: Elaboración propia simulado en software INSUL

El gráfico muestra que, para el ruido aéreo, el desempeño en frecuencias bajas es deficiente, pero a partir de los 250 Hz ya alcanza el valor propuesto para la aislación de ruido aéreo (50 dB), demostrando un buen rendimiento en frecuencias medias y altas. En cuanto al ruido de impacto, en el rango de frecuencias medias (120-1000 Hz) el desempeño está al límite del valor propuesto de 65 dB, aunque cumple con los requisitos propuestos, y en frecuencias muy altas se observa una mejora notable en su comportamiento acústico.

La solución debe ofrecer un buen rendimiento frente al ruido aéreo gracias a su doble cámara de aire, completamente rellena de material poroso de alta densidad, lo que genera más barreras al paso del sonido. En cuanto al ruido de impacto, los clips resilientes (ver Anexo X) actúan como amortiguadores de sonido y vibraciones producidas por las pisadas en el suelo. Su desempeño depende del espaciamiento entre ellos y las dimensiones de los listones de madera, ya que si el clip resiliente se aplasta demasiado o muy poco, en ambos casos no cumpliría adecuadamente su función acústica.

● SOLUCIÓN 4

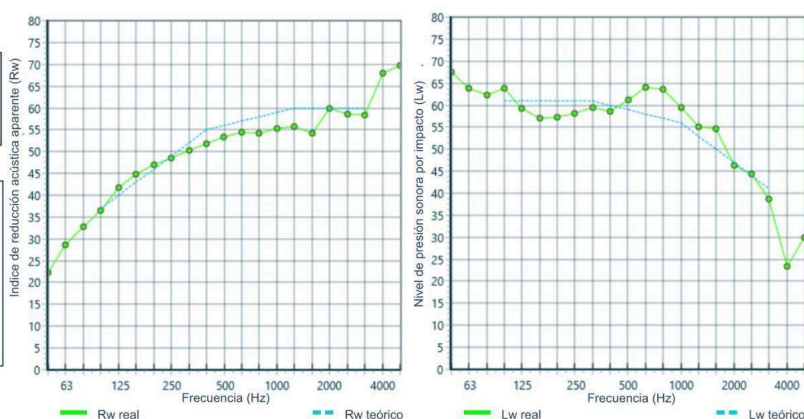


Materiales	Función
A Madera terciada (15mm)	Terminación seca, resistente
B OSB (15mm)	Rigidizador estructura
C Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	Absorbe energía sonora
D Lana de roca 60kg/m3 (90mm)	y amortigua resonancia
E Viga rígida madera 2x8"@600mm	Est. principal bien dimensionada
F Madera contrachapada (18mm)	Rigidizador núcleo estructural
G Clip resiliente @500mm	Desacopla estructura   anti-vibración
H Lana de roca 60kg/m3 (60mm)	Cavidad llena disminuye resonancia
I Soporte antivibratorio (69x185mm)	Reduce vibraciones
J Yeso cartón RF (12,5mm) (2uni)	Densidad disminuye resonancia

	Rw	Ln,w
Estándar propuesto	50 dB	65 dB
Resultado	56 dB	59 dB
	C -1	Ctr -5
		Ci -2

Panel	2,4 x 4,2 m
Superficie	10,08 m <sup>2</sup>
Volumen sala receptora	50 m <sup>3</sup>
Norma	ISO 717-1-2
Rango frecuencia	100-3150 Hz



**Figura 18:** Solución entrepiso n4. Fuente: Elaboración propia simulado en software INSUL

El gráfico muestra una curva uniforme tanto para la simulación “real” como para la de referencia, en cuanto al ruido aéreo. Para frecuencias medias altas, desde los 300 Hz se estima que atenuará el sonido en 50 dB hacia arriba, lo cual demuestra un buen desempeño acústico. Para el ruido de impacto, la atenuación acústica comienza desde los 63 Hz con 65 dB hacia abajo, manteniéndose constante en frecuencias bajas y medias. En frecuencias altas, se observa una caída más pronunciada en el nivel de presión sonora, demostrando un buen rendimiento acústico en todo el rango de frecuencias.

Al igual que la solución 3, el hecho de presentar una doble cámara de aire, completamente rellena de material poroso de alta densidad, otorga un buen rendimiento frente al ruido aéreo. Otro factor que contribuye es presentar un cielo falso desacoplado de la estructura, que atenúa el paso de las ondas sonoras del recinto inferior. Usar clip resilientes en el techo, contribuye tanto para ruido aéreo como para impacto, ya que interrumpe el paso de sonido que puede haber ingresado a la estructura y ayuda a que el panel tenga un comportamiento flexible amortiguando la energía sonora. Es importante que la disposición de estos clips sean desfasados al espaciamiento de las vigas, para evitar un canal directo de transmisión de sonido.

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos de esta investigación, comprueba que los objetivos específicos planteados se han alcanzado y cumplido conforme a la metodología establecida. Por lo cual la información recopilada sirve de argumento suficiente para responder la pregunta de investigación y comprobar la hipótesis planteada.

Con respecto al **Objetivo Específico 1**, la recopilación de literatura normativa acústica, permitió condensar el gran espectro de normas, sistematizando y estableciendo una síntesis comparativa entre ellas que permitió identificar parámetros y directrices en común que establecieron una base sólida para poder guiar el resto de los objetivos. Además, se logró identificar valores estándar para el Índice de reducción acústica ( $R_w$ ) y Nivel de presión acústica por impacto ( $L_{w,n}$ ).

Luego, en el **Objetivo Específico 2**, gracias a los conceptos normativos en complemento con documentación técnica acústica, permitió el estudio y síntesis de las estrategias de diseño más relevantes para aislar el ruido aéreo y de impacto para construcciones de entramado liviano en madera. Definiendo recomendaciones y combinación de distintos materiales, para que un panel o elemento pueda tener un mejor desempeño acústico o mejorar si es que ya está construido.

Finalmente para el **Objetivo Específico 3**, se pudo aplicar las herramientas obtenidas del objetivo 1 y 2, lo que permitió diseñar cuatro soluciones en base a una solución acústica del Listado Oficial, mejorando su desempeño acústico. Todo esto se válida desde la teoría y la simulación en software acústico INSUL para obtener los valores de aislación acústica aérea y de impacto comparándolo con los valores  $R_w$  y  $L_{w,n}$  propuestos en base al análisis normativo.

Si bien todas las soluciones cumplen o superan los valores mínimos requeridos, existen ciertas diferencias en términos de dificultad de ejecución y costos de implementación que inciden en la viabilidad técnica y económica de su aplicación en proyectos de vivienda industrializada.

En términos generales, se concluye que la Solución 2 representa el mejor equilibrio entre desempeño acústico, facilidad constructiva y costo. Primero, logra una mejor relación costo-eficiencia, ya que emplea componentes estándar de fácil prefabricación, como placas de yeso-cartón y soportes antivibratorios. Por otra parte, su montaje no requiere sistemas flotantes complejos ni cielos suspendidos desacoplados, lo que la hace altamente compatible con procesos de producción industrializada. Su diseño permite una implementación eficiente en línea con los principios de la construcción industrializada, manteniendo a la vez estándares de confort acústico adecuados. Esta solución se posiciona como una opción viable para ser incorporada al Listado Oficial de Soluciones Constructivas del MINVU, contribuyendo a mejorar la calidad acústica en viviendas prefabricadas de madera en Chile.

Actualmente, la industrialización de viviendas con entramado liviano en madera no incorpora sistemas de aislación acústica más sofisticados, principalmente por limitaciones de costo, implementación y desconocimiento técnico. Sin embargo, las soluciones propuestas integran productos del mercado nacional (ver Anexo 2), respaldados por ensayos acústicos que certifican su desempeño. Vincular estos materiales con soluciones constructivas industrializadas es clave para mejorar el estándar acústico de la vivienda prefabricada. Esta integración permitiría avanzar hacia sistemas más eficientes, competitivos y de mayor calidad para el usuario.

## 5. CONCLUSIONES

Durante la búsqueda de requerimientos normativos, se observó que el menos desarrollado es sobre acústica y existe más documentación que abarca la temática de fuego, estructura y térmico. Es importante que estos 4 requerimientos se cumplan de forma conjunta para ofrecer un estándar de calidad para la vivienda industrializada en madera y así, reducir los prejuicios de la construcción en madera. En la actualidad, los requisitos de aislación acústica varían mucho por cada país, lo que dificulta establecer un estándar ideal único. Esto obliga al diseñador a basar su solución constructiva bajo su criterio dentro de ciertos rangos o parámetros establecidos localmente. Aún así, existe gran avance internacional en estudios y documentación, lo cual es una oportunidad que puede homologarse y servir de referencia para actualizar los criterios normativos nacionales.

Por otra parte, el espectro conceptual acústico es muy complejo y requiere una consideración minuciosa para aplicar estrategias de diseño efectivas. Los resultados revelaron nuevas consideraciones que podrían afectar el desempeño acústico, por ejemplo, que un elemento constructivo no tendrá el mismo comportamiento acústico para todas las frecuencias (grave - agudo), los materiales responden diferente según sus características físicas, por lo que la combinación entre ellos puede tener mejor desempeño para ruido de impacto y no necesariamente para ruido aéreo o viceversa. Las simulaciones acústicas mostraron que las frecuencias bajas son más difíciles de aislar.

El alcance de este estudio representa un punto de partida para impulsar el desarrollo de nuevas variables y componentes que amplíen el espectro de soluciones de aislación acústica en viviendas industrializadas. Este estudio recopiló y articuló la simulación teórica del comportamiento físico de los materiales, con el fin de optimizar el desempeño acústico de soluciones constructivas, en concordancia con los criterios establecidos por las normativas nacionales e internacionales.

A futuro, la validación mediante ensayos reales —ya sea en laboratorio o in situ— permitirá contrastar o perfeccionar estas propuestas, incorporando dimensiones clave como costos, tiempos de ejecución y factibilidad técnica. Además, se abre la posibilidad de estudiar la interacción entre distintos sistemas constructivos, como las uniones muro-suelo, avanzando así desde el análisis de paneles individuales hacia módulos integrados y finalmente a sistemas completos de vivienda industrializada en madera.

Estos desafíos presentan una gran oportunidad para la colaboración en conjunto en la exploración de nuevas tecnologías, materiales y regulaciones, para seguir avanzando en los procesos y prácticas de la construcción industrializada en madera, la cual se encuentra en constante evolución.

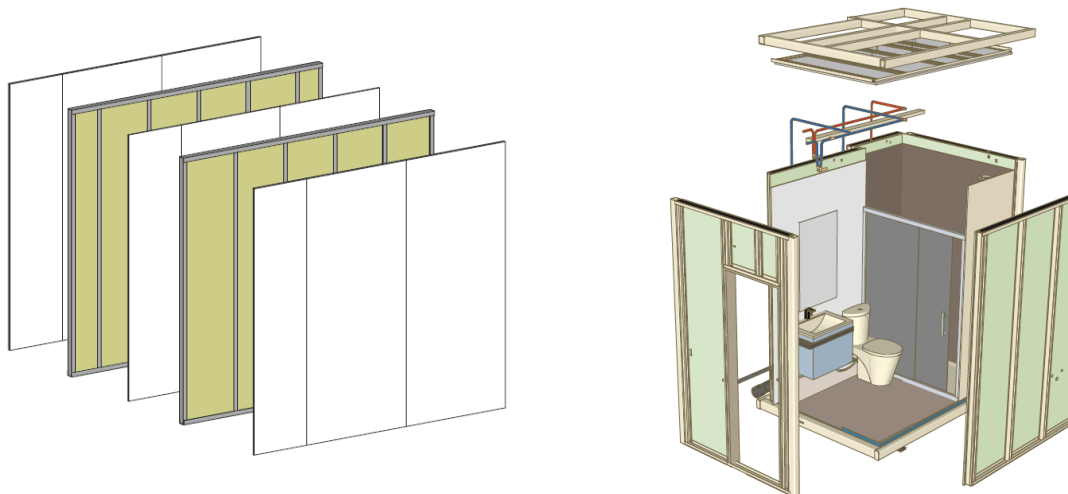
## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilera, M.I. (2023). *Evaluación de Sistemas de Prefabricación en Madera: Un estudio analítico del potencial de la industrialización como alternativa para la construcción de viviendas de protección oficial en España* [Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Catalunya].
2. Alvarado, A. (n.d.). *Construcción industrializada para la vivienda social en Chile: Análisis de su impacto potencial*.  
[https://www.sociedadpoliticaspublicas.cl/archivos/BLOQUE2/Vivienda\\_y\\_Políticas\\_Publicas/Construcción\\_Industrializada\\_para\\_la\\_Vivienda\\_Social\\_en\\_Chile\\_Análisis\\_de\\_su\\_Impacto\\_Potencial.pdf](https://www.sociedadpoliticaspublicas.cl/archivos/BLOQUE2/Vivienda_y_Políticas_Publicas/Construcción_Industrializada_para_la_Vivienda_Social_en_Chile_Análisis_de_su_Impacto_Potencial.pdf)
3. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2004). *Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente*.  
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=230123&idVersion=2004-09-09>
4. Bustos, E. F. (2011). *Revisión y propuesta de modificación a la NCH N°352/1 Of.61 - Condiciones que deben cumplir los edificios de uso no habitacional* [Tesis de Ingeniería Civil Acústica, Universidad Austral de Chile].
5. Construible. (2020). *La norma UNE-ISO 1996 regula la acústica y se actualiza con la participación de Isover*.  
<https://www.construible.es/2020/12/15/norma-une-iso-1996-regula-acustica-actualiza-participacion-isover>
6. Crocker, M. (2007). *Handbook of noise and vibration control*. John Wiley & Sons.
7. Diario VI Región. (2020). *MINVU actualiza listados oficiales de soluciones constructivas para mejorar calidad de obras habitacionales*.  
<https://www.diarioviregion.cl/noticias/29654-minvu-actualiza-listados-oficiales-de-soluciones-constructivas-para-mejorar-calidad-de-obras-habitacionales>
8. Emms, G., King, S., & Dunn, M. (2020). *Chapter 13.5: Acoustics*. In NZ Wood design guides. NZ Wood.
9. Emms, G. W., Smith, J., Brown, A., & Jones, M. (2006). *Improving the impact insulation of light timber floors. Proceedings of the Acoustics 2006 Conference, 1-4*.  
[https://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/AASNZ2006/papers/p9.pdf](https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AASNZ2006/papers/p9.pdf)
10. European Cooperation in Science and Technology (COST). (2008). *Net-Acoustics for Timber Based Lightweight Buildings and Elements, Chapter 4: Acoustic design of lightweight timber frame constructions*. COST Action FP0702.
11. FPInnovations. (2019). *CLT handbook - Canadian edition (2nd ed.)*.

12. Gordillo-Granda, P., & Toledo-Toledo, J. (2024). *Análisis de viabilidad y propuesta de implementación de viviendas prefabricadas en la construcción de viviendas de interés social: un enfoque hacia la construcción sustentable*. South Florida Journal Of Development, 5(8), e4229. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n8-005>
13. Impursa. (2020). Conceptos básicos de acústica para el aislamiento. <https://impursa.com/2020/09/18/conceptos-basicos-de-acustica-para-el-aislamiento/>
14. INSUL. (n.d.). Features. <https://www.insul.s05.system7.co.nz/features/>
15. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, CEPCO, & AICIA. (2011). *Catálogo de elementos constructivos del CTE*. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción.
16. Instituto Nacional de Normalización (INN). (2000). NCH 352/1. OF 2000: Aislación acústica. Parte 1: Construcciones de uso habitacional. Requisitos mínimos y ensayos. Instituto Nacional de Normalización.
17. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2022). *Calidad del Ambiente Interior en el trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
18. International Organization for Standardization. (1996). ISO 717-1:1996. Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation. ISO.
19. International Organization for Standardization. (2013). ISO 717-1:2013. Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation. ISO.
20. Irazoqui, X. (n.d.). *Diseño para desempeño acústico en madera* [Clase de construcción y diseño arquitectónico avanzados en madera]. Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro UC de Innovación en Madera.
21. Machimbarrena, M., Rasmussen, B., & Fausti, P. (2014). *Futuro marco normativo en Europa en acústica de la edificación*. En *S12 Acústica de la edificación. Normativa, rehabilitación y casos prácticos* (pp. 28-37). Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC.
22. Maureira, A. (2024). *Análisis Acústico del modelo de vivienda prefabricada Cholchol de la constructora Rengalil y sugerencias de mejora económica* [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Chile].
23. Meza, L. (2008). Calidad acústica en viviendas. Reglamentos, normativas y certificaciones acústicas en Iberoamérica. En *Actas del VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008 (FIA2008-A136)*. Buenos Aires, Argentina.

24. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2024). Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico.
25. Olarte, A. (2018). *Estudio de bienestar y confort* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle].
26. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). (2005). Reglamentación acústica, Art. 4.1.6.
27. Pino, N. (2016). *Comportamiento acústico de tres tipos de viviendas: Un prototipo de vivienda de emergencia fabricado bajo el sistema constructivo SIP (Structural Insulated Panel), una vivienda social y una vivienda de emergencia actual (mediagua)* [Memoria de título, Universidad de Chile].
28. ProChile. (2020). *¿Qué son las normas ISO y para qué sirven?*  
<https://centrodeayuda.prochile.gob.cl/hc/es-419/articles/360047722114--Qué-son-las-normas-ISO-y-para-qué-sirven>
29. Sociedad Española de Acústica. (2012). *Glosario de términos acústicos*.  
[https://documentacion.sea-acustica.es/storage/publicaciones/Glosario de terminos acusticos.pdf](https://documentacion.sea-acustica.es/storage/publicaciones/Glosario_de_terminos_acusticos.pdf)
30. Stansfeld, S.A., & Matheson, M.P. (2003). Contaminación acústica: efectos no auditivos sobre la salud. *British Medical Bulletin*, 68, 243-257.
31. Stora Enso. (2020). *Soundproofing for CLT*.  
<https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-specifications/wood-products/clt-technical/soundproofing/soundproofing-for-clt-by-stora-enso-en>.
32. UNE. (2021). UNE 74201:2021. Acústica. Esquema de clasificación acústica de edificios. Asociación Española de Normalización (UNE).
33. Vásquez, S. (2024). *1.1 Historia de ISO y Sistemas de Gestión* [Disertación, Tecnológico Nacional de México].

## ANEXO 1: Grado de industrialización






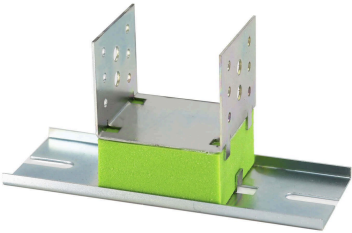
PANEL	MÓDULO
Tabiques	Tabiques
Entrepiso	Entrepiso
	Acabado interior
	Artefactos
El panel debe diseñarse en función de su montaje, puesto que es clave su colocación en obra	Sistema altamente especializado, lo que implica mayor nivel de detalle
Reduce tiempo on-site	Reduce tiempo en obra
Reduce errores en obra, en comparación a construcción on- site	Se estandarizan procesos de instalación de componentes. Se reduce posibilidad de errores


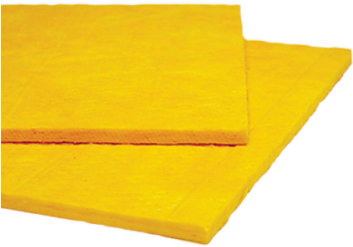

Clasificación según nivel de terminación. La prefabricación puede ser clasificada por la extensión de los elementos antes de su montaje. De izquierda a derecha de menor mayor prefabricación. Generalmente los beneficios de la prefabricación son más notorios a medida que el nivel de prefabricación es mayor.

## ANEXO 2: Conceptos y materiales para aislación acústica

- **Absorción acústica:** Acción y efecto de absorber energía de un campo acústico por el medio de propagación, por dispositivos, objetos y obstáculos o por las superficies límites del campo acústico.
- **Amortiguación:** Disminución de la energía de un sistema oscilatorio con el tiempo o la distancia
- **Capa o banda elástica:** Banda de material elástico de al menos 10 mm de espesor utilizada para interrumpir la transmisión de vibraciones en los encuentros de una partición con suelos y muros. Se consideran materiales adecuados para las bandas aquellos como poliestireno elastificado, el polietileno, caucho u otros.
- **Material poroso:** Material absorbente de estructura alveolar, granular o fibrosa, que actúa degradando la energía mecánica en calor, mediante el rozamiento del aire con las superficies del material
- **Efecto de coincidencia:** Fenómeno en donde las características acústicas de 2 materiales son similares, provocando que la energía acústica del sonido se transmita más fácil de un material a otro. Esto disminuye la eficacia de la aislación acústica, ya que al existir frecuencias resonantes conduce a un deterioro del material y conjunto aislante.
- **Efecto de resonancia:** Cuando un objeto o material responde de manera amplificada a las ondas acústicas que coinciden con su frecuencia natural de vibración. Se recomienda usar materiales con diferentes frecuencias naturales de resonancia para evitar que se acumule la energía sonora.
- **Elemento de flanco:** Elemento constructivo adyacente a un elemento de separación, por el cual se produce la transmisión acústica indirecta estructural o por vía de flancos.
- **Desacoplamiento:** Acción o técnica constructiva en que se mantienen separados elementos cuyo contacto podría provocar la transmisión de vibraciones.
- **Suelo flotante:** Elemento constructivo sobre la estructura de piso que comprende la terminación con su capa de apoyo y una capa de un material aislante a ruido de impacto.
- **Clip resiliente:** Clips de goma y metal que se fijan a los montantes de la pared. Una vez instalados los clips, se colocan a presión los perfiles en forma de O (listones de madera o perfiles metálicos) y se atornilla el panel rígido al perfil
- **Canal resiliente:** Material de estructura metálica que se utiliza para separar los montantes y los paneles rígidos instalándolo perpendicularmente a los montantes y colocando el panel rígido encima.

Elementos constructivos	Ilustración	Link proveedor
Placa fibrocemento		<a href="https://knauf.com/es-ES/p/producto/knauf-tecnosol-mh-25-11021_0096">https://knauf.com/es-ES/p/producto/knauf-tecnosol-mh-25-11021_0096</a>
Tablero contrachapado		<a href="https://comsisa.cl/productos/tablero-contrachapado-araucoply-estructural-18-mm-1-22-x-2-44-m-unidad">https://comsisa.cl/productos/tablero-contrachapado-araucoply-estructural-18-mm-1-22-x-2-44-m-unidad</a>
OSB		<a href="https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/110287501/OSB-Estructural-15-mm-122x244-cm/110287520?exp=s_o_com">https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/110287501/OSB-Estructural-15-mm-122x244-cm/110287520?exp=s_o_com</a>

<p>MDF</p>		<p><a href="https://www.imperial.cl/aglomerado-desnudo/plancha-mdf-modulo-15mm-122-x-244/product/70109?srsitid=AfmBOophwVpo7t6itMElaj_fRc73oSMfJR8yaynZRIdQsJxCUGsEdibB">https://www.imperial.cl/aglomerado-desnudo/plancha-mdf-modulo-15mm-122-x-244/product/70109?srsitid=AfmBOophwVpo7t6itMElaj_fRc73oSMfJR8yaynZRIdQsJxCUGsEdibB</a></p>
<p>Yeso cartón</p>		<p><a href="https://volcan.cl/productos/volcanita-rf-espesor-125-mm/">https://volcan.cl/productos/volcanita-rf-espesor-125-mm/</a></p>
<p>Clip resiliente suelo</p>		<p><a href="https://www.sonoflex.cl/productos/akustik-sylomer-floor-mount/">https://www.sonoflex.cl/productos/akustik-sylomer-floor-mount/</a></p>
<p>Clip resiliente cielo</p>		<p><a href="https://www.sonoflex.cl/producto/akustik-sylomer/page/2/">https://www.sonoflex.cl/producto/akustik-sylomer/page/2/</a></p>

Canal resiliente		<a href="https://volcan.cl/wp-content/uploads/2022/03/raso.pdf">https://volcan.cl/wp-content/uploads/2022/03/raso.pdf</a>
Capa elástica		<a href="https://www.sonoflex.cl/productos/impactodan-bt-piso-flotante/">https://www.sonoflex.cl/productos/impactodan-bt-piso-flotante/</a>
Material fibroso  Panel losa		<a href="https://volcan.cl/productos/panel-losa/">https://volcan.cl/productos/panel-losa/</a>
Lana de roca		<a href="https://tienda.volcan.cl/producto/aislan-glass-rollo-libre-90mm-r100-212-1-2x7-5/?srsltid=AfmBOogBwD5Xutxcj7wta1waGooFHah7VpiAAm7Cjx_TqhfV4SZGJpGM">https://tienda.volcan.cl/producto/aislan-glass-rollo-libre-90mm-r100-212-1-2x7-5/?srsltid=AfmBOogBwD5Xutxcj7wta1waGooFHah7VpiAAm7Cjx_TqhfV4SZGJpGM</a>

## ANEXO 3 : Ficha técnica de solución de entrepiso del Listado oficial

**CÓDIGO:**  
**I.EP.M.01.03** Piso de entramado de madera con madera contrachapada y fibrocemento

---

**ACREDITACIÓN**

**INSTITUCIÓN:** MINVU **VIGENTE HASTA:** mayo 2029

COMPORTAMIENTO	MECANISMO	RESPONSABLE
ACÚSTICO - AÉREO	Laboratorio - NCh2786/NCh10140-2	Leonardo Parma S. - Laboratorio CPIA
ACÚSTICO - IMPACTO	Laboratorio - ISO140-6/NCh10140-3	Leonardo Parma S. - Laboratorio CPIA

---

**DESEMPEÑO**

Índice de Reducción Acústica Ponderado	Rw = 39 [dB]	NPS de Impacto Normalizado Ponderado	Ln,w = 78 [dB]
	Rw + C = 35 [dB]		Ln,w+Ci = 77 [dB]
	Rw + Ctr = 29 [dB]		

Note: El desempeño acústico de este elemento no está sometido a las exigencias del art. 4.1.6 de la OGU. Al sumar los términos de corrección 'C' o 'Ctr' en [dB] el resultado es equivalente a [dBA].

---

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

**GENERALES**

Espesor total:  [cm] Superficie de la muestra:  [m<sup>2</sup>]  
Masa superficial total:  [kg/m<sup>2</sup>] Volumen recinto receptor:  [m<sup>3</sup>]

**DETALLES**

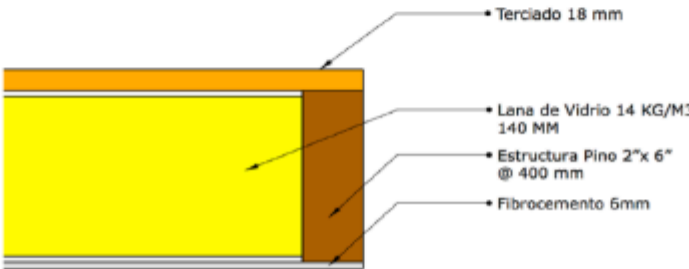
Entrepiso de entramado ligero de madera.  
Estructura: Estructura de pino con vigas de 45x142 [mm] distanciadas cada 40 [cm].  
Revestimiento superior: placa de madera contrachapada de espesor 18 [mm].  
Revestimiento inferior: placa de fibrocemento de espesor 6 [mm].  
Cavidad interior: de espesor 142 [mm], rellena con lana de vidrio de densidad 14 [kg/m<sup>3</sup>] y espesor 140 [mm].

**DETALLE DE RESULTADOS**

f [Hz]	R [dB]	Ln [dB]
50	-	-
63	-	-
80	-	-
100	14,1	82,9
125	11,6	85,8
160	24,0	82,4
200	26,2	83,7
250	31,3	83,2
315	34,6	81,3
400	34,9	81,4
500	36,3	80,9
630	39,4	78,3
800	42,6	76,2
1000	44,3	73,2
1250	45,9	71,9
1600	46,7	68,1
2000	48,0	63,2
2500	47,8	59,6
3150	46,5	60,1
4000	43,2	61,6
5000	45,0	58,1

**Leyenda**

f:	Frecuencia
R:	Índice de Reducción Acústica
Ln:	NPS de Impacto Normalizado



- Terciado 18 mm
- Lana de Vidrio 14 KG/M3 140 MM
- Estructura Pino 2"x 6" @ 400 mm
- Fibrocemento 6mm

#### **ANEXO 4 : Grado de correspondencia entre norma nacional e internacional**

La equivalencia de las Normas Internacionales con la Norma Chilena y su grado de correspondencia es el siguiente:

<b>Norma Internacional</b>	<b>Norma Nacional</b>	<b>Grado de correspondencia</b>
ISO 717-1	No hay	-
ISO 717-2	No hay	-
ISO 3382-2	NCh3306/2:2014	La norma Chilena NCh3306/2:2014 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 3382-2:2008
ISO 10140-1	NCh-ISO10140/1:2014	La norma Chilena NCh-ISO10140/1:2014 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 10140-1:2010 e ISO 10140-1:2010/Amd.1:2012(E)
ISO 10140-2	NCh-ISO10140/2:2014	La norma Chilena NCh-ISO10140/2:2014 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 10140-2:2010
ISO 10140-3	NCh-ISO10140/3:2014	La norma Chilena NCh-ISO10140/3:2014 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 10140-3:2010
ISO 10140-4	NCh-ISO10140/4:2014	La norma Chilena NCh-ISO10140/4:2014 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 10140-4:2010
ISO 10140-5	NCh-ISO10140/5:2014	La norma Chilena NCh-ISO10140/5:2014 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 10140-5:2010 e ISO 10140-5:2010/Amd.1:2014
ISO 10848-1	No hay	-
ISO 10848-2	No hay	-
ISO 10848-3	No hay	-
ISO 10848-4	No hay	-
ISO 11654	No hay	-
ISO 12354-1:2017	En estudio	-
ISO 12999-1	En programa de estudio	-
ISO 15186-3	No hay	-
ISO 16283-2	NCh-ISO16283/2:2017	La Norma Chilena NCh-ISO16283/2:2017 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 16283-2:2014
ISO 16283-3	NCh-ISO16283/3:2017	La Norma Chilena NCh-ISO16283/3:2017 es una adopción idéntica de la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 16283-3:2014
ISO 18233	No hay	-

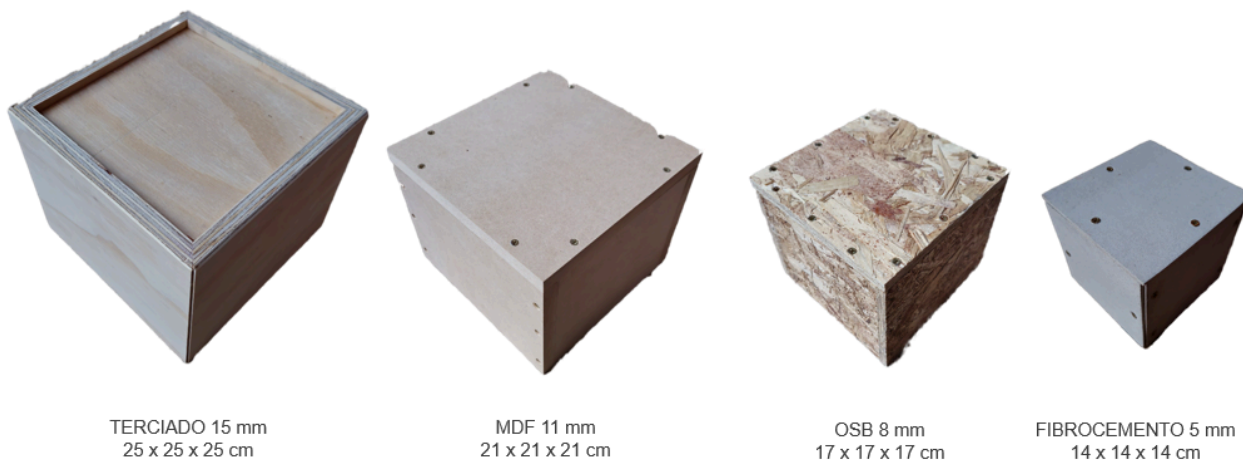
IEC 60942	No hay	-
IEC 61183	NCh2567.Of2001	La norma Chilena NCh2567.Of2001 es una adopción idéntica de la versión en español de la norma IEC 61183:1994
IEC 61260	No hay	-
IEC 61672-1	No hay	-

### Clasificación de la Norma Chilena en relación a términos acústicos según el usuario objetivo

Normativa chilena	Usuario objetivo
Nch 352-1 (2000): Aislación Acústica Parte 1: Construcciones de uso habitacional - requisitos mínimos y ensayos.	Profesionales de la construcción o personas con interés en la construcción para que puedan revisar las exigencias mínimas de aislación acústica, requerimientos y soluciones constructivas certificadas.
Artículo 4.1.6 de la OGUC: Reglamentación acústica.	
Listado Oficial de Soluciones Constructivas para el Acondicionamiento Acústico	
NCh 2785 (2003)   Acústica - Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción- Mediciones en terreno de la aislación acústica aérea entre recintos	Profesionales expertos en el área acústica, laboratorios o empresas que realicen mediciones de aislación acústica en construcciones en terreno y laboratorio. Contienen indicaciones de cálculos, herramientas, posicionamiento e interpretación de resultados.
Nch 2786 - Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en laboratorio de aislación acústica aérea de elementos de construcción	
Nch 3307   1-2-3 - Acústica de edificios - Estimación del comportamiento acústico de los edificios a partir del comportamiento de los elementos	
Nch 3464 - Niveles sonoros y tiempos de reverberación de diseño recomendados para interiores de edificios	
Nch 16283   1-2-3 : Medición en terreno de la aislación acústica en construcciones y de elementos de construcción	

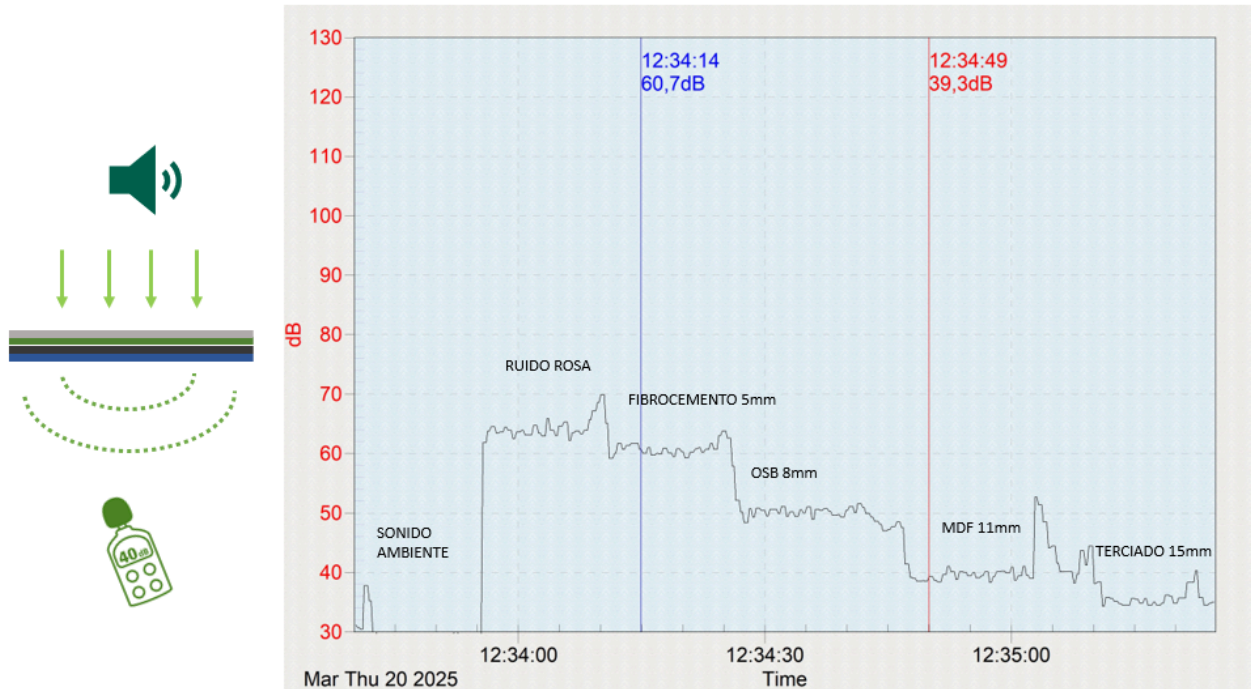
## ANEXO 5: Demostración práctica de las propiedades acústicas de los materiales.

Se realizó un experimento en base a 4 tipos distintos de materiales:



Con el fin de comprobar su capacidad de aislación acústica por separado y luego en conjunto, se simula de manera simplificada algunos componentes de entepiso acústico, colocando en el interior de las cajas una fuente de sonido, que en este caso fue un parlante que emite ruido rosa (dentro del espectro de 20 - 20000 Hz) y al exterior se mide el nivel de sonido mediante un sonómetro. Primero, se cubrió la fuente de sonido con la caja de fibrocemento, en seguida se cubre con la caja de OSB, luego se coloca sobre ellas la caja de MDF y finalmente se coloca la caja de terciado.

En el siguiente gráfico se puede observar el comportamiento de los materiales en conjunto y como es que disminuye el nivel de sonido a medida que se agregan mas capas. Cabe destacar, que el sonido ambiente normalmente ronda en los 30 dB, una fuente de sonido generalmente está en el rango de 60 y 70 dB y a medida que se fue agregando las capas de materiales, el nivel de sonido quedó en 35 dB aproximadamente. Con la superposición de la caja de fibrocemento en el parlante, el nivel de sonido disminuyó unos 2 decibeles aproximadamente, se infiere que es por el grosor delgado del material y porque la caja presenta fisuras donde pudiese escapar el sonido, luego al agregar la caja de OSB, disminuye casi 10 dB, lo que nos evidencia que la madera realmente tiene capacidad de absorción acústica. Al agregar MDF, mejora el comportamiento en conjunto, ya que disminuye 10 dB más, esto puede deberse a la densidad del material y que el conjunto es heterogéneo, por ende, evita el efecto de resonancia. Finalmente al agregar el terciado, disminuye el nivel de sonido en 5 dB, reforzando el comportamiento acústico en conjunto.



Esta prueba práctica, da cuenta cómo se comportan los distintos materiales frente al sonido y es interesante generar distintas combinaciones para entender su incidencia real en la aislación acústica, lo cual se vería potenciado con la aplicación completa de los componentes de un entpiso, agregando material fibroso para la aislación acústica y térmica, como también adicionar membranas acústicas, la estructura de madera y terminaciones correspondientes.

Se adjunta el link de la demostración en tiempo real: <https://youtu.be/eMrQv1xsXgQ>