



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación al impacto, al fuego y al aislamiento acústico de paneles de
yeso con fibras de vidrio para mampostería

Trabajo de Titulación para optar al título de
Ingeniero Civil

Autor:

Robalino Rodríguez, Iván Alexander

Tutor:

Ing. Cristian Andrés Marcillo Zapata

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Iván Alexander Robalino Rodríguez**, con cédula de ciudadanía 0605151323, autor del trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN AL IMPACTO, AL FUEGO Y AL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE PANELES DE YESO CON FIBRAS DE VIDRIO PARA MAMPOSTERÍA”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 04 de mayo de 2026.



Robalino Rodríguez Iván Alexander
C.I: 0605151323

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Cristian Andrés Marcillo Zapata, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN AL IMPACTO, AL FUEGO Y AL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE PANELES DE YESO CON FIBRAS DE VIDRIO PARA MAMPOSTERÍA”**, bajo la autoría de Iván Alexander Robalino Rodríguez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 12 días del mes de junio de 2026



Ing. Cristian Andrés Marcillo Zapata
C.I: 0603877630

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**EVALUACIÓN AL IMPACTO, AL FUEGO Y AL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE PANELES DE YESO CON FIBRAS DE VIDRIO PARA MAMPOSTERÍA**”, presentado por **Iván Alexander Robalino Rodríguez**, con cédula de identidad número 0605151323, bajo la tutoría de Ing. Cristian Andrés Marcillo Zapata; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 12 de junio de 2026.

Ing. Tito Oswaldo Castillo Campoverde, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Carlos Sebastián Saldaña García, MGs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Marcelo David Guerra Valladares, MGs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ROBALINO RODRÍGUEZ IVÁN ALEXANDER** con CC: **0605151323**, estudiante de la Carrera **INGENIERIA CIVIL**, Facultad de **INGENIERIA** ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EVALUACIÓN AL IMPACTO, AL FUEGO Y AL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE PANELES DE YESO CON FIBRAS DE VIDRIO PARA MAMPOSTERÍA**", cumple con el 5 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER +**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 29 de mayo de 2026

Ing. Andrés Marcillo
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por guiar mi camino y darme la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta.

A mis padres, Iván Robalino y Cecilia Rodríguez, con profundo amor y gratitud. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia. Su apoyo incondicional, confianza y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este logro. Todo lo que he conseguido hasta hoy es también fruto de su dedicación y amor.

A mi familia, por acompañarme durante este proceso y brindarme siempre palabras de aliento en los momentos más difíciles.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que creyeron en mí y me motivaron a continuar persiguiendo mis objetivos profesionales, recordándome que con disciplina y constancia es posible alcanzar cualquier meta propuesta.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres, Iván Robalino y Cecilia Rodríguez, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor incondicional, sus consejos, sacrificios y apoyo constante durante cada paso de mi formación académica. Este logro también les pertenece, pues han sido mi principal fuente de inspiración y motivación para seguir adelante frente a cada desafío.

A mi tutor de tesis y a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, por compartir sus conocimientos, experiencias y orientación durante el desarrollo de esta investigación, contribuyendo significativamente a mi crecimiento profesional.

Asimismo, agradezco a todas las personas, amigos y familiares que de una u otra manera me brindaron su apoyo y confianza durante este proceso, permitiéndome alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

Finalmente, agradezco a la institución y a todos quienes hicieron posible la realización de este trabajo de investigación, que representa el resultado de años de esfuerzo, dedicación y aprendizaje.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 General.....	15
1.2.2 Específicos	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Descripción del método.....	18
3.2 Tipo de investigación	18
3.3 Alcance de la investigación	18
3.4 Población y muestra.....	18
3.5 Diagrama de flujo	19
3.6 Revisión bibliográfica	19
3.7 Selección de materiales y equipo	19
3.8 Diseño experimental	20
3.8.1 Nomenclatura	20
3.8.2 Aplicación de la fibra de vidrio	20
3.8.3 Impacto - ASTM D5420	22
3.8.4 Fuego - NTE INEN-ISO 11925-2.....	23
3.8.5 Aislamiento acústico - UNE- EN ISO 10140.....	25

3.8.6	Construcción de rooms	26
3.8.7	Análisis Estadístico.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
4.1	Revisión Bibliográfica	28
4.2	Selección de materiales y equipo.....	29
4.2.1	Materiales.....	29
4.2.2	Equipo.....	31
4.3	Resultados del Ensayo de impacto.....	32
4.4	Resultados del Ensayo de fuego	38
4.5	Resultados del Ensayo acústico	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
5.1	Conclusiones	47
5.2	Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFÍA.....		49

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Resultado de la revisión bibliográfica	28
Tabla 2 Materiales utilizados en la investigación	29
Tabla 3 Equipos utilizados	31
Tabla 4 Análisis de normalidad de datos para el ensayo de impacto	34
Tabla 5 Prueba de Kruskal-Wallis para el ensayo de impacto.....	35
Tabla 6 Fallas encontradas en los paneles de Gypsum.....	36
Tabla 7 Fallas encontradas en los bloques de hormigón	37
Tabla 8 Resultados obtenidos en el Gypsum normal sin fibra en el ensayo de fuego	38
Tabla 9 Resumen de datos de los ensayos de fuego.....	42
Tabla 10 Resumen de datos obtenidos con decibel x al evaluar el Gypsum normal y sus combinaciones.....	44
Tabla 11 Resumen de datos obtenidos con decibel x al evaluar el Gypsum resistente a la humedad y sus combinaciones.....	44
Tabla 12 Resumen de datos obtenidos con decibel x al evaluar el bloque y sus combinaciones.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo de la metodología	19
Figura 2 Esquema de la nomenclatura usada para diferenciar las muestras	20
Figura 3 Aqua quick	21
Figura 4 Colocación de Fibra de vidrio en paneles.....	21
Figura 5 Colocación de A	22
Figura 6 Colocación de la fibra de vidrio en los bloques.	22
Figura 7 Señalización de alturas para el ensayo de fuego	24
Figura 8 Colocación del mechero a 45° a una distancia de 0.5 cm.....	24
Figura 9 Sellado hermético de las rooms	26
Figura 10 Dimensiones de las rooms de gypsum	26
Figura 11 Dimensiones de las rooms de Bloque de hormigón	27
Figura 12 Representación de medias del ensayo de impacto	32
Figura 13 Resumen gráfico del análisis estadístico aplicado al ensayo de impacto.....	35
Figura 14 Alturas medias de propagación de llama con intervalos de confianza del 95%.....	39
Figura 15 Resumen gráfico del análisis estadístico aplicado al ensayo de fuego	41
Figura 16 Resumen de los valores de SRI.....	46

RESUMEN

La presente investigación evalúa el comportamiento de elementos constructivos enfocados al uso en paredes, específicamente paneles de gypsum estándar, paneles de gypsum resistentes a la humedad y bloques de hormigón; combinados con recubrimientos de fibra de vidrio (Fleece, Rugosa o Acústica). Se ejecuto un estudio de tipo experimental con enfoque comparativo y descriptivo a través de la aplicación de tres ensayos normalizados, con el propósito de analizar su comportamiento frente al impacto, al fuego y al aislamiento acústico, en función del ensayo se determinó el número de probetas. Los resultados obtenidos muestran que la incorporación de recubrimientos interviene de manera significativa, en este estudio Acústica destaca sobre las demás fibras de vidrio, siempre y cuando, el enfoque de análisis este vinculado al impacto y al aislamiento acústico. Respecto al comportamiento frente al fuego no se apreció un beneficio significativo en ninguna de las combinaciones. En base a los ensayos se apreció que, los recubrimientos en función de su composición y gramaje pueden aportar drásticamente al comportamiento de un elemento, logrando que tanto el gypsum normal como el resistente a la humedad iguallen el comportamiento del bloque de hormigón sin recubrimiento.

Palabras claves: Fibra de vidrio, resistencia al impacto, propagación de llama y aislamiento acústico.

ABSTRACT

This research evaluated the performance of constructive elements designed for wall applications, specifically standard gypsum boards, moisture-resistant gypsum boards, and concrete blocks, combined with fiberglass wallcoverings (Fleece, Textured, or Acoustic). An experimental study using a comparative and descriptive approach was conducted by applying three standardized tests to assess their behavior under impact, fire, and acoustic insulation. The number of specimens was determined based on each specific test. The results show that the addition of wallcoverings has a significant impact. In this study, the Acoustic fiberglass stands out among the others, provided that the analytical focus is on impact resistance and acoustic insulation. Regarding fire behavior, no significant benefit was observed in any of the combinations. Based on the tests, it was noted that, depending on their composition and weight, the coverings can significantly improve an element's performance, enabling both standard and moisture-resistant gypsum boards to match the behavior of uncoated concrete blocks.

Keywords: Fiberglass, impact resistance, flame spread, acoustic insulation.



Validar documentos en PirmasC
PirmasC electrónicamente por:
JENNY ALEXANDRA
FREIRE RIVERA

Reviewed by:

Jenny Alexandra Freire Rivera, M.Ed.

ENGLISH PROFESSOR

ID No.: 0604235036

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

Dentro de la construcción lo más común es utilizar ladrillo o bloque para el armado de paredes, ya que son uno de los materiales más antiguos usados por la humanidad, habiendo registros que datan aproximadamente del año 7000 a.C. sin embargo, a finales del siglo XX e inicios del siglo XXI han surgido nuevos productos que buscan sustituir la mampostería tradicional. Por lo que, la selección y evaluación de los materiales tienen gran importancia dada la necesidad de reducir costos, así como, optimizar recursos [1] [2].

La construcción de paredes con ladrillo o bloque tiene varios desafíos que afectan la eficiencia de los proyectos de construcción. La colocación de estos es un esfuerzo manual detallado que limita el ritmo de ejecución. Además, son materiales más pesados, lo que incrementa la carga total sobre la estructura. Como resultado, los sistemas de soporte y la cimentación necesitan ser más robustos y costosos, por lo que, la implementación de otros materiales para cerramiento de interiores permite una reducción de hasta el catorce por ciento del costo de la obra, específicamente en edificios de al menos 4 pisos [3] [4].

Por lo que, los paneles de gypsum han destacado por su capacidad para proporcionar acabados lisos, además de ser un material más ligero, lo que facilita su transporte y manipulación en obra. Estas características contribuyen a una mayor rapidez en la ejecución de trabajos, ya que, al ser un montaje en seco, su proceso es más limpio, donde únicamente requiere de perfiles de metal sobre los que se atornillan las planchas, reduciendo los tiempos de instalación en comparación con la mampostería tradicional. Adicionalmente, la implementación de gypsum como cerramiento interior también ayuda en la reducción de la huella de CO₂ y H₂O respecto al bloque o ladrillo [5] [6].

Se plantea el uso de paneles de gypsum ya que tienen algunas ventajas sobre la mampostería tradicional. Sin embargo, estos son frágiles ante los golpes y no satisfacen totalmente cuando se requiere separación de ambientes, debido a que, el sonido traspasa fácilmente. Por ello se requiere evaluar el comportamiento que adquiere al aplicar recubrimiento de fibra de vidrio.

Combinar la fibra de vidrio con los paneles de gypsum resulta en una opción tentadora para alcanzar las condiciones y características que ofrecen otros elementos, dado que, la fibra de vidrio ofrece distintos beneficios dependiendo del uso que se requiera, puede ofrecer ventajas estéticas, funcionales e incluso puede ser utilizada hasta para refuerzos estructurales [7].

Se ha planteado la ejecución de 3 ensayos con distintos enfoques con el propósito de determinar cómo reacciona el gypsum ante el impacto, el fuego y el aislamiento acústico con y sin la fibra de vidrio. De igual manera, se pretende evidenciar si hay diferencia al usar la fibra de vidrio comparando con la mampostería tradicional.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- Analizar cómo se comportan los paneles gypsum y fibra de vidrio para uso como pared interior.

1.2.2 Específicos

- Analizar la resistencia que se puede obtener al utilizar paneles de gypsum con fibra de vidrio.
- Establecer cómo se va a comportar los paneles de gypsum con fibra de vidrio ante la exposición de fuego.
- Evaluar la capacidad de aislamiento acústico de los paneles de gypsum con fibra de vidrio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

En la construcción existe una gran variedad de materiales enfocados a la elaboración de paredes, donde los bloques o ladrillos tienen una predominación respecto a las demás opciones. A pesar de esto, los elementos prefabricados han incrementado su presencia dentro de la construcción, específicamente el gypsum. Este tiene un amplio uso, especialmente como pared o separador de ambientes, es un material prefabricado enfocado en la construcción interior, elaborado a partir de un núcleo incombustible, compuesto principalmente de yeso [6].

El uso de elementos prefabricados como el gypsum mejora la eficiencia en la mano de obra, al tratarse de un método constructivo en seco el proceso es más rápido. Sin embargo, en comparación con la mampostería tradicional, presentan ciertas deficiencias, dado que el gypsum tiene un comportamiento frágil ante los impactos o cargas puntuales siendo propenso a fracturarse además, al momento de requerir separación de ambientes enfocándose en el aislamiento acústico, el bloque y ladrillo tienen un mejor desempeño debido a la mayor cantidad de masa. Respecto al fuego, tiene un comportamiento aceptable gracias a la liberación del agua que se encuentra químicamente combinada en el núcleo de yeso, limitando la propagación de llama, aun así, hay que considerar que el bloque debe exponerse a temperaturas superiores para reaccionar al fuego [8] [6].

La fibra de vidrio tiene diferentes usos como reforzamiento de estructuras de concreto, como protección y acabado gracias a su alta resistencia a la humedad y a la corrosión, entre otros. Los principales beneficios que se pueden apreciar son su ligereza y la resistencia mecánica. Un ejemplo de su aplicación se da con los polímeros reforzados con fibras de vidrio, los cuales suelen ser utilizados como alternativa para el fortalecimiento de estructuras de hormigón armado deterioradas por causa de corrosión en el acero, ya que, ofrecen una elevada resistencia a la tracción y ligereza [9]. Considerando los beneficios, la aplicación de fibra de vidrio como recubrimiento puede intervenir y mejorar las deficiencias del gypsum

Las fibras de vidrio se presentan en forma tejida y no tejida. La primera se destaca por tener filamentos entrelazados en direcciones perpendiculares, beneficiando su resistencia mecánica en dirección específica, adicionalmente su desgaste y fatiga se reduce en comparación con fibras no tejidas. Estas últimas, consta de filamentos orientados aleatoriamente fusionados a través de un aglutinante, permitiendo una distribución homogénea de esfuerzos, además, son más flexibles y moldeables, facilitando su uso. Cabe recalcar que la fibra de vidrio por sí sola no es combustible, pero su comportamiento cambia al combinarse con otro elemento, formando un material compuesto [10].

Generalmente los recubrimientos a base de fibra de vidrio se consideran materiales compuestos, con baja reactividad al fuego, donde la pirolisis juega un papel fundamental. La pirolisis corresponde a un proceso termoquímico, donde la exposición de altas temperaturas

conduce a la descomposición de materiales orgánicos. Este proceso no actúa directamente en el vidrio, pero sí en los compuestos que lo implementan como son los polímeros. Las fibras de vidrio están compuestas en gran parte por sílice (SiO_2) junto con otros óxidos metálicos, lo que le otorgan estabilidad térmica. Sin embargo, la pirolisis conduce a la ruptura de enlaces químicos y una serie de cambios estructurales, como la descomposición de la matriz, formación de residuos carbonosos y liberación de compuestos. Durante la pirosis el comportamiento varía en función de la interacción de la matriz y el refuerzo, generalmente el proceso puede generar pérdida de adherencia entre elementos, incremento de porosidad o fisuración, esto está en función de los materiales con los que este combinada [11] [12] [9] [13].

Respecto al aislamiento acústico y la resistencia a impactos, la implementación de recubrimientos produce un sistema multicapa, mejorando directamente el comportamiento del material, dado que influye en la masa superficial, el amortiguamiento interno, la porosidad y en la distribución de energía [14].

El uso de recubrimientos beneficia al aislamiento acústico, ya que produce el efecto de masa aire masa considerado como un sistema resonante, que surge entre dos capas debido a la cavidad de aire. Su funcionamiento está dado por el desacoplamiento de las vibraciones, lo que limita la transferencia de ondas sonoras. Además, modifica la porosidad del sistema afectando la interacción de las ondas sonoras con la estructura interna. A diferencia de los materiales que reflejan el sonido, los elementos con alta porosidad pueden influir en la absorción de energía acústica gracias a las pérdidas viscosas y térmicas dentro de los poros, La disipación de energía se da dentro del material mediante la penetración del aire, esto produce fricción interna generando disipación de energía acústica mediante calor [15] [16] [17].

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Descripción del método

El estudio se desarrolló a través de un enfoque cuantitativo, mediante la obtención de datos correspondientes a las distintas combinaciones planteadas. Las variables están relacionadas con el desempeño del material frente al fuego, el impacto y el aislamiento acústico, permitiendo el procesamiento y análisis para su comparación objetiva.

3.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, debido a que hay un análisis en función de la manipulación de variables independientes, referentes a los distintos recubrimientos aplicados sobre sistemas constructivos, ya que, se pretende analizar las combinaciones mediante valores cuantitativos, además de evidenciar el comportamiento y reacción de cada material.

3.3 Alcance de la investigación

El alcance del estudio es explicativo, con el propósito de evaluar el comportamiento de paneles y bloques con distintos recubrimientos de fibra de vidrio. Se busca caracterizar, comparar y definir la combinación con mejor desempeño.

3.4 Población y muestra

La población de la investigación está definida por 438 probetas distribuidas en los 3 ensayos en función de los requisitos de cada uno. Para el ensayo de impacto se utilizaron 360 probetas divididas en 12 grupos. En el ensayo de fuego se usó un total de 66 probetas para 11 grupos. Y finalmente 12 probetas distribuidas en 12 grupos para el ensayo de aislamiento acústico.

3.5 Diagrama de flujo

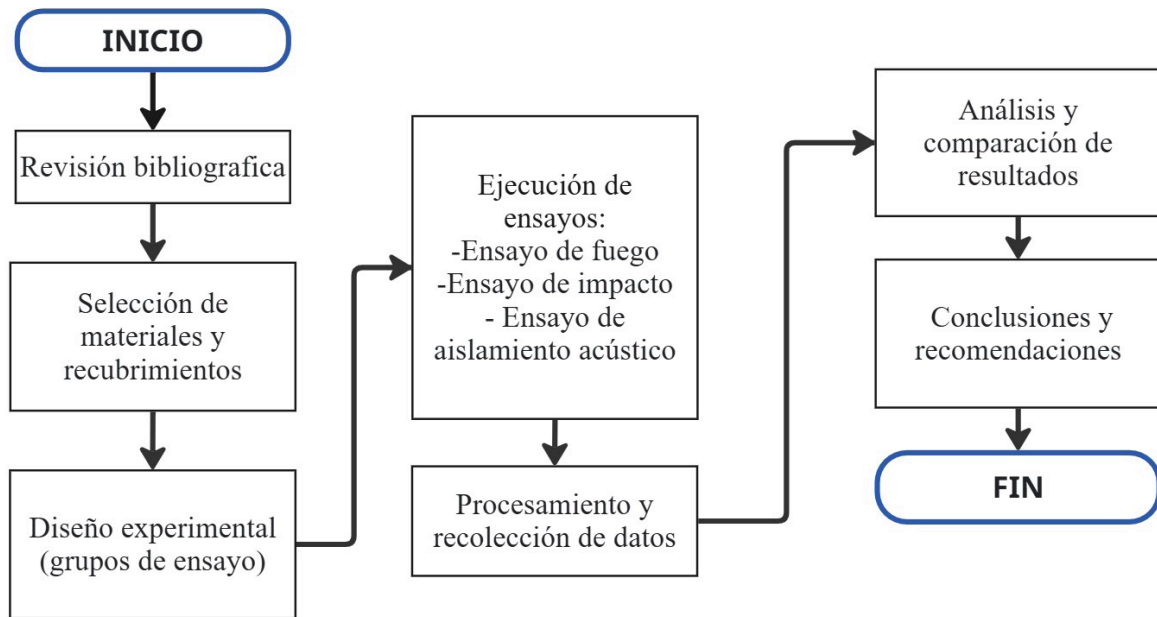


Figura 1
Diagrama de Flujo de la metodología

3.6 Revisión bibliográfica

Se desarrollo mediante la recopilación, análisis y comparación de información relacionada con la evaluación del comportamiento de materiales constructivos o recubrimientos elaborados a partir de fibra de vidrio. Para la ejecución de la revisión bibliográfica, se delimitaron los puntos que se requiere analizar como fuego, impacto y aislamiento acústico, adicionalmente, se consideró los recursos disponibles, planteando condiciones para la selección de la normativa y ensayos, por lo que, se dio relevancia a estudios que no necesiten instrumentación avanzada o que el equipo utilizado sea de funcionamiento sencillo permitiendo la replicación o imitación de este. Se consultaron distintos artículos científicos, normas técnicas, tesis, fichas técnicas y manuales provenientes de bases de datos académicas como Google Scholar, ScienceDirect, Scopus y ResearchGate. La información obtenida fue organizada y seleccionada en función de las limitaciones de ejecución.

3.7 Selección de materiales y equipo

La selección de materiales se dio bajo criterios de disponibilidad local y uso en la construcción. Se acudió a distintos puntos de distribución de drywall o gypsum, y ferreterías para la selección de los tipos de paneles de gypsum. En cuanto al mampuesto tradicional, se consideraron las dimensiones del elemento optando por el que tenga mayores dimensiones, dado que permite extraer una mayor cantidad de probetas. Cabe recalcar que los recubrimientos a base de fibra de vidrio fueron proporcionados por la universidad, por lo

que no se consideró ningún criterio de selección en este punto. El equipo utilizado estará en función de los requisitos de las normativas aplicadas para el estudio.

3.8 Diseño experimental

3.8.1 Nomenclatura

Como punto de partida se ha definido una nomenclatura para diferenciar el número de muestra, el tipo de panel y la fibra de vidrio utilizada. Esta se incorporó en cada muestra para garantizar su adecuada identificación.

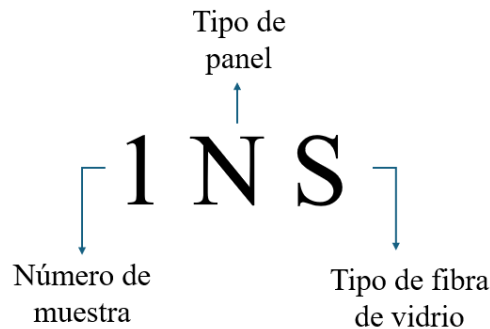


Figura 2

Esquema de la nomenclatura usada para diferenciar las muestras

Dentro de los tipos de panel de gypsum se establecen dos, los paneles normales o estándar para uso general (N) y los resistentes a la humedad (H). Para el análisis en bloques se mantendrá la misma nomenclatura eliminado únicamente la consideración de tipo de panel. Las fibras de vidrio consideradas para el estudio son Rugosa (R), Fleece (F) y Acústica (A). En tipo de fibra se utilizará la S para los elementos analizados sin fibra de vidrio.

3.8.2 Aplicación de la fibra de vidrio

Tanto la fibra de vidrio R como F tienen la propiedad de adherirse a la superficie gracias a su pegamento que se activa con el agua. Primero se debe medir y cortar la cantidad de fibra a utilizar, posteriormente se pasa la lámina cortada por Aqua Quick tal y como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ya que moja y drena la fibra de vidrio. Aqua Quick permite una manipulación de la fibra de vidrio. Equipo de acero inoxidable, consta de 4 rodillos metálicos dos en la parte interior, y dos ubicados en la tapa. Además, consta de un odómetro mecánico que mide en cm la cantidad de fibra utilizada.



Figura 3
Aqua quick

Finalmente para la instalación en los paneles, únicamente se consideró que la superficie esté totalmente limpia, la fibra de vidrio se adhiere fácilmente como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, tras su colocación se pasó la espátula incluida en Aqua Quick con la finalidad de evitar grumos. Cabe recalcar que, el fabricante garantiza 20 minutos tras activar el pegamento para maniobrar la capa y colocar adecuadamente.



Figura 4
Colocación de Fibra de vidrio en paneles

Por otro lado, la fibra de vidrio A no tiene esta cualidad de adherencia, por lo que se utilizó cola blanca en la superficie de contacto para su colocación. En un recipiente grande, se vertió el pegamento, con el propósito de facilitar el uso de un rodillo para esparcir la cola blanca de forma uniforme por toda la superficie. El fabricante recomienda colocar la fibra desde el extremo superior y dejar que el pegamento seque por 24h.



Figura 5
Colocación de A

Cabe recalcar que antes de realizar la instalación de la fibra en los bloques de hormigón, se realizó un enlucido y alisado en cada uno de los bloques por lo que no fue necesario empastar, posteriormente se realizó el mismo proceso aplicado en los paneles.



Figura 6
Colocación de la fibra de vidrio en los bloques.

3.8.3 Impacto - ASTM D5420

El ensayo de impacto es una prueba que tiene la finalidad de determinar cómo se comporta un material cuando recibe un golpe repentino, lo que permite definir la cantidad de energía que logra absorber antes de fallar [18].

Se usó esta normativa ya que es ajustable para distintos materiales en este caso para el gypsum, donde a través de la caída libre de una masa definida se evaluará la energía requerida para agrietar, hundir o romper el gypsum con fibra y sin fibra de vidrio. Esta evaluación se realizó de igual manera con los bloques.

El primer paso para iniciar el ensayo de impacto es preparar los paneles, las dimensiones de los paneles fueron de 10 cm x 10 cm, se requiere de 20 a 30 probetas según la normativa, utilizar más de 30 probetas no justifica el costo beneficio ya que los resultados estadísticos no tendrán una diferencia significativa, para obtener una mayor potencia estadística se utilizó un total de 30 muestras por cada tipo.

A través del impactómetro casero cae la masa con peso definido impactando con un percutor que tiene un diámetro de 1.27 cm, las alturas se definen según el método up and down para cada probeta hasta conseguir el total de 30 muestras. Para tener un punto de partida se realizó una prueba piloto para identificar una altura adecuada para comenzar el ensayo. Antes de colocar las muestras en el impactómetro se define la variación de altura entre cada probeta y la masa, en este caso de ± 0.2 cm y 0.75 kg respectivamente.

Es importante mencionar que el método up and down que se menciona en la norma explica que la altura incrementara en el caso de no existir falla, y disminuye si se evidencia una de las fallas mencionadas anteriormente.

Cabe recalcar que, para la aplicación de la norma ASTM D5420 se optó por una adaptación casera que permite aplicar el mismo principio físico de caída libre. Para el cálculo de la energía se utilizará la fórmula de la energía potencial.

$$E = h * m * g \quad (1)$$

Donde:

E: energía potencial.

h: altura de caída.

g: gravedad.

m: masa.

Con los datos obtenidos se realizó una comparación entre las distintas muestras a través de un análisis estadístico, para contrastar si existe alguna mejora evidente.

3.8.4 Fuego - NTE INEN-ISO 11925-2

Se realizó una adaptación para el análisis de inflamabilidad y propagación del gypsum con y sin fibra, a través de este ensayo se estudió la propagación de la llama (F_s), altura máxima, tiempo en alcanzar los 15 cm, duración de la combustión, presencia de gotas, generación de humo y si se apaga tras retirar la llama. El análisis que se propone en la normativa consta de dos tipos, de borde y de superficie, en este estudio únicamente se analizó la exposición a la superficie, ya que según la normativa los productos con bordes que no estén expuestos al fuego en sus aplicaciones de uso final no deben someterse a pruebas de exposición de bordes, considerando que la fibra de vidrio no tiene un borde funcional representativo se optó por ignorar la evaluación de borde.

Según [19], se establece que se debe extraer un total de 6 muestras ya que el ensayo es de verificación y este número es suficiente para asegurar repetibilidad. Las dimensiones de las muestras son de 25 cm x 9 cm. En las muestras de ensayo a superficie expuesta, se señaló una distancia de 15 cm desde una altura de 4 cm medida a partir del borde inferior de la muestra como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

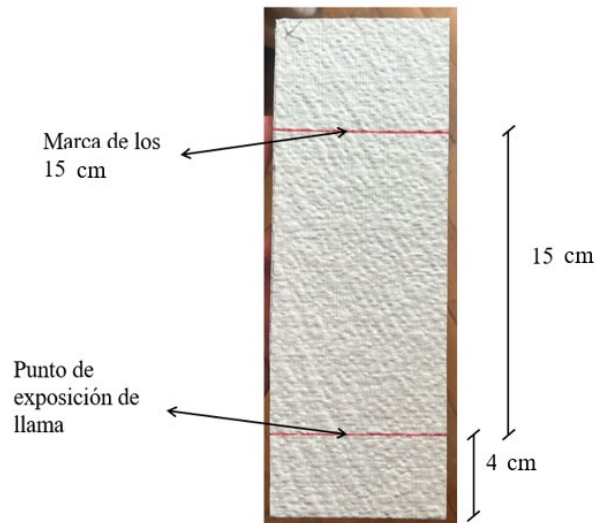


Figura 7
Señalización de alturas para el ensayo de fuego

Debido a la ausencia del equipo en este estudio se busca imitar las condiciones de ensayo, se utilizó como fuente de llama un mechero de bunsen junto con un soporte no combustible. Para la ejecución se deben fijar las muestras verticalmente, comprobar que el quemador tenga una inclinación de 45 grados y una altura de llama de 2 cm, verificando que la distancia para la aproximación de la llama a la superficie expuesta sea de 0.5 cm entre el borde del quemador y la superficie del material como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Cumplido los parámetros anteriormente mencionados, se inició el ensayo de reacción al fuego aplicado por 30 s, y con ayuda de un cronómetro se controló el tiempo desde el momento en que la llama contacta con la muestra de ensayo.



Figura 8
Colocación del mechero a 45° a una distancia de 0.5 cm

El ensayo no se ejecutó únicamente con los bloques de hormigón sin fibra de vidrio, ya que la norma NTE INEN-ISO 11925-2 está diseñada para determinar la inflamabilidad a materiales combustibles o con contenido orgánico susceptible al fuego. Los bloques de hormigón al tener naturaleza inorgánica y no combustible no presentan riesgo de ignición o

propagación de llama bajo las condiciones establecidas en la norma por lo que no aportaría información significativa para la caracterización del material ni permitiría establecer diferencias sustanciales entre las muestras.

3.8.5 Aislamiento acústico - UNE- EN ISO 10140

Es necesario realizar una adaptación a la norma, la cual analiza el aislamiento acústico en elementos de construcción a través de rooms. Cabe recalcar que el termino room hace referencia a una habitación o sala, en el contexto del ensayo hace referencia a un espacio delimitado.

Para su ejecución se elaboró una caja o room de cada material (gypsum con fibra de vidrio, gypsum sin fibra de vidrio, bloque con fibra y bloque sin fibra), las dimensiones con las que se trabajó son 30 cm x 30 cm x 30 cm de volumen interior, el emisor de sonido se encontrará dentro de cada caja para cada ensayo, las cuales son selladas herméticamente con RTV Silicon.

A través del software decibel x, que permite convertir el micrófono de un teléfono inteligente en un sonómetro digital, se realizó la lectura de los decibelios. A una distancia de 200 centímetros respecto a la caja, se colocó un smartphone configurado, encargado de recolectar los datos. El ensayo inicia con la medición del ruido de fondo del entorno. Para la configuración del smartphone se utilizó una ponderación de frecuencia de A(dBA) ya que es la utilizada en la norma ISO 10140 para ruido aéreo y un modo de medición continuo (LAeq) porque promedia durante todo el tiempo de prueba siendo este un criterio alineado a la norma ya que se analiza la energía sonora media transmitida.

El proceso para realizar la medición empieza con la colocación del emisor de sonido o parlante dentro del room para realizar el sellado hermético con RTV silicon, compuesto de silicona líquida que a temperatura ambiente se activa formando un caucho flexible, éste es un elemento utilizado como sellador. El termino RTV hace referencia a la vulcanización a temperatura ambiente, las siliconas RTV más comunes usan la humedad atmosférica junto con un catalizador de estaño para curar el caucho [20].

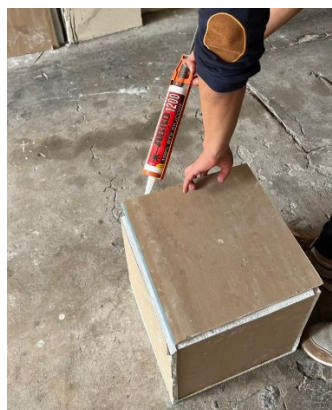


Figura 9
Sellado hermético de las rooms

Posteriormente se activa la bocina con ruido rosa durante 5 minutos mientras el software recopila los datos, este proceso se repitió con cada una de las rooms. Los datos obtenidos fueron utilizados en la siguiente ecuación para obtener el índice de reducción sonora en cada room.

$$SRI = L1 - L2 + 10 \log \left(\frac{A1}{A2} \right) \quad (2)$$

Donde:

SRI = Índice de reducción sonora [dB].

L1 = Nivel de presión sonora en el lado emisor [dB].

L2 = Nivel de presión sonora en el lado receptor [dB].

A1 = Área del lado emisor de la barrera acústica [m^2].

A2 = Área del lado receptor de la barrera acústica [m^2].

3.8.6 Construcción de rooms

La consideración para la construcción de las rooms es garantizar que las dimensiones interiores de cada caja sean de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Tomando en cuenta que los paneles de gypsum tienen un grosor de 1.25 cm, se establecieron dos caras de 32.5cm x 30 cm, dos caras de 30cm x 30cm y dos caras de 32.5cm x 32.5cm.

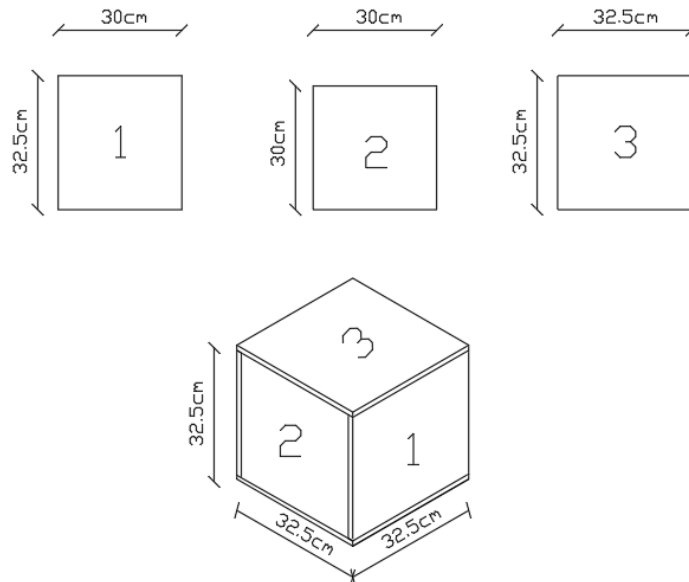


Figura 10
Dimensiones de las rooms de gypsum

Se utilizó la misma consideración para el armado de rooms con bloques, cabe recalcar que las dimensiones del bloque utilizado son de 40cm x 20cm x 12cm, siendo esta última dimensión su espesor. Es importante mencionar que los bloques fueron unidos con mortero.

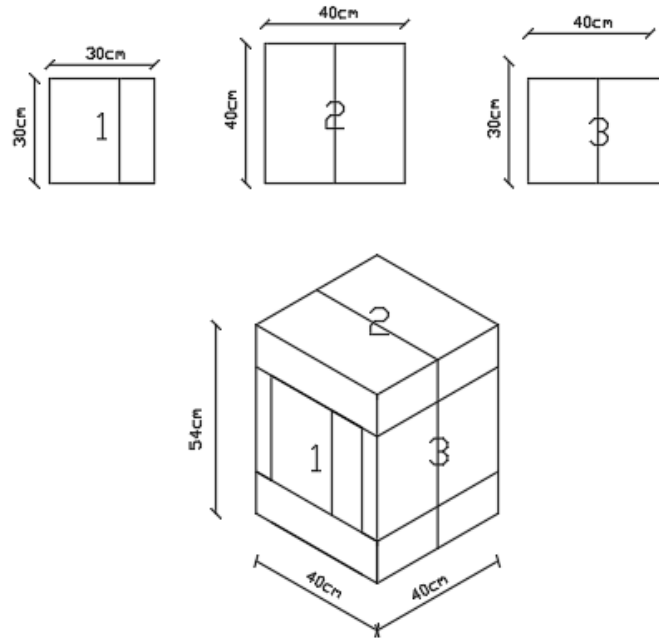


Figura 11
Dimensiones de las rooms de Bloque de hormigón

Para la ejecución solo se necesita una room por cada combinación de material con fibra. Se realizó una toma única de datos, ya que, el ensayo mantiene en condiciones controladas el emisor de sonido. Además, aunque se trabaja con una sola medición, el método está conformado por un promedio de la presión sonora, por lo que interactúan múltiples valores. Según la norma [21], la repetición en la toma de datos no aporta mejoras significativas en la precisión de los resultados.

3.8.7 Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en los ensayos relacionados con el impacto y el fuego serán analizados en función de la normalidad de los datos tras aplicar Shapiro-Wilk el cual es ideal muestras pequeñas ($n \leq 50$), dependiendo del tipo de distribución se considera el enfoque del estudio, paramétrico o no paramétrico [22]. En función del resultado de normalidad se aplicará una Anova para los datos paramétricos o Kruskal–Wallis para los datos no paramétricos junto con una comparación por parejas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Revisión Bibliográfica

Como resultado de la revisión bibliográfica, se recolectaron distintos ensayos los cuales fueron comparados a través de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, lo que permitió identificar limitaciones para su aplicación, logrando definir los que mejor se ajustan para este estudio.

Tabla 1
Resultado de la revisión bibliográfica

Autor – Investigación	Enfoque	Ensayo o norma aplicada	Limitaciones
Chao Zhang, William Grosshandler, Ana Sauca, Lisa Choe- Design of an ASTM E119 Fire Environment in a Large Compartment [23].	Fuego	ASTM E119 – Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials	Requiere hornos de gran escala capaces de alcanzar temperaturas superiores a 1000 °C.
Alexandra Oliveira- Desarrollo de espumas monocomponentes "verdes" (OCF, por sus siglas en inglés) con mayor resistencia al fuego y a las llamas [24].	Fuego	DIN 4102 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (Comportamiento frente al fuego de materiales y componentes de construcción)	Necesita cámaras de combustión y equipos que no son comunes en laboratorios.
Salvador Crespo - Análisis de la flamabilidad del piso vinílico (spc) según la norma nte inen-iso 11925-2, con el fin de determinar su riesgo de combustión [25].	Fuego	NTE INEN-ISO 11925-2 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. parte 2: ensayo con una fuente de llama única	Requiere una cámara de ensayo cerrada y control preciso de la llama.
Vázquez Roberto, Cisneros Erick, Moscoso Francisco, Mendizábal Eduardo, Gonzáles Rubén, Rodrigue Denis, Ortega Pedro-	Impacto	ASTM D5420 - Método de prueba normal para la resistencia al impacto de probetas planas y rígidas mediante un percutor	El impactómetro tiene costo elevados y necesita control de altura y masa.


Propiedades morfológicas y mecánicas de compuestos y espumas bicapa de madera y plástico obtenidos mediante moldeo rotacional. [26]		impactado por un peso en caída	
Kubilay Özen - Análisis de elementos finitos de losas de hormigón pretensado sometidas a carga de impacto [27].	Impacto	ASTM E695- Standard Method of Measuring Relative Resistance of Wall, Floor, and Roof Construction to Impact Loading	Requiere sistemas de impacto controlado, sensores de deformación.
Dennis Salazar, Solis Odalis - Comportamiento de un mortero de piedra pómez como aislante térmico y acústico en revestimientos de módulos prefabricados en zonas andinas [28].	Aislamiento acústico.	ISO 10140- Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements	Requiere cámaras acústicas, sonómetros, generadores de sonido.

4.2 Selección de materiales y equipo

4.2.1 Materiales

En base a la disponibilidad, se escogieron dos tipos de paneles que mostraron presencia en los distintos puntos de distribución, además en función de las dimensiones se optó por el bloque como representación de mampostería tradicional dado que, se lo puede encontrar con tamaños superiores que el ladrillo. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra de forma ordenada los materiales utilizados en esta investigación.

Tabla 2
Materiales utilizados en la investigación

Material	Descripción	Fotografía
Bloque de hormigón	Elemento de construcción prefabricada constituido por una mezcla compacta de cemento, áridos y agua que se moldea en distintas formas. Siendo curada para alcanzar una resistencia y durabilidad óptimas [29]. Cabe recalcar que los bloques de hormigón deben cumplir con los requisitos de la normativa [30]. Los bloques utilizados en los ensayos son de 40 cm x 20 cm x 12 cm, estos fueron adquiridos a través de un proveedor local.	

Panel de gypsum normal.

La placa de gypsum normal (ST) de 122 x 244 x 1.27 cm para uso en interiores está formada por un núcleo de yeso y aditivos especiales, revestidos en ambas caras por un cartón de alta resistencia y calidad. Su uso óptimo para revestimientos y estructuras interiores libres de humedad. Excelente para colocarse en paredes, cielos falsos, habitaciones, salas, comedores [31]. El producto fue adquirido a través de un distribuidor local.



Panel resistente a la humedad (RH)

La placa de gypsum resistente a la humedad (RH) de 122 x 244 x 1.27 cm compuesta por un núcleo de yeso incombustible con aditivos siliconados y papel tratado, está diseñada para el uso en zonas húmedas como baños, cocinas, lavanderías, etc. El trabajo que vuelve especial a esta placa es poder identificar puntos donde existen problemas de humedad, ya que esta resiste y permite corregir sin comprometer el resto de los elementos constructivos [32]. El producto fue adquirido a través de un distribuidor local.



Fibra de vidrio Fleece

Es un elemento que usa fibras de vidrio no tejidas pigmentadas, son una mejora ante el revestimiento de celulosa convencional ya que tienen una mayor facilidad para cortar ya sea mojada o seca e incluso a mano alzada sin rasgarse o deshilarse. Además, no se encogen o se estiran. Tiene un gramaje de 220 g/m² lo que proporciona un excelente desempeño como revestimiento decorativo y técnicas de relleno [33].



Fibra de vidrio Rugosa

Son fibras de vidrio tejidas que corresponde a un material diseñado para paredes de interior con el propósito realizar renovaciones rápidas, ya que se puede aplicar directamente en superficies con irregularidades de hasta 0.2 cm de profundidad. Tiene una gran variedad de cualidades técnicas y estéticas junto con una adecuada resistencia lo que lo hace una solución ideal para áreas de alto tránsito, además tiene un gramaje de 245 g/m² [34].



Fibra de vidrio Acústica

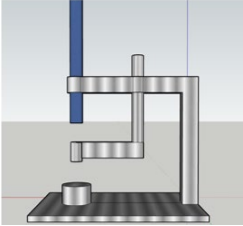


Está fabricada con hilo de vidrio tejido, es un material que absorbe el sonido gracias al tejido adherido en la parte trasera de la tela que tiene el objetivo de reducir las vibraciones sonoras. Enfocado para crear un ambiente o sala de absorción de sonido, además tiene un gramaje de 465 g/m² [35].





4.2.2 Equipo

Dado los requerimientos de cada normativa se determinaron los equipos mostrados en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, para la adecuada ejecución de las normativas de tal manera que, se pueda garantizar la repetibilidad de los ensayos.

Tabla 3
Equipos utilizados

Equipo	Descripción	Ilustración
<p>Impactómetro casero</p>	<p>Se planteó la elaboración de un equipo que imite la función de un impactómetro, que permita fijar el gypsum y el bloque a una base y que además facilite la caída de la masa en un punto determinado. Este elemento fue elaborado en acero a partir de un diseño 3D, consta de una base metálica de 25 cm x 34 cm con un espesor de 1.3 cm. Conectado a esta base se encuentra un brazo encargado de sostener la estructura que permite regular la altura y garantiza que el impacto se dé en un punto fijo. Dicha estructura consta de un tubo PVC con un carril longitudinal. No fue necesaria la calibración del equipo dado que el objetivo de este es únicamente reproducir de manera controlada las condiciones de impacto, enfocado principalmente en la comparación de resultados asegurando la repetibilidad entre grupos. Cabe recalcar que dada la distancia de caída y las consideraciones tomadas para el carril longitudinal, la fricción es despreciable.</p>	 
<p>Soporte casero para la ejecución del ensayo de fuego</p>	<p>Para la adecuada ejecución del ensayo basado en la norma [19], se ha fabricado un soporte metálico para la ejecución de los ensayos, el objetivo de este es mantener la muestra fija a una altura determina. Las dimensiones que tiene son de 35 cm de alto por 9.5 cm de ancho.</p>	
<p>Mechero de bunsen</p>	<p>Es un instrumento que únicamente necesita gas y aire para mantener la llama. Al ser un elemento pequeño y ligero su manejo es simple Su función es producir y mantener una llama controlable para calentar, esterilizar o quemar muestras.</p>	

Parlante	Cuenta con una potencia de 3W, una respuesta de frecuencia de 45 Hz - 18 Hz, un peso de 0.500 kg y una batería de 500 mAh. Es un altavoz inalámbrico compatible con bluetooth, con Radio y USB [36].	
Smartphone	Tiene un procesador A15 bionic de 6 núcleos con 2 núcleos de rendimiento y 4 de eficiencia, el modelo utilizado cuenta con 128 gb de almacenamiento [37]. El micrófono del dispositivo presenta un rango general de captación de 20 Hz a 20 kHz, rango de mayor confiabilidad esta entre los 100 Hz y 10 kHz [38].	

4.3 Resultados del Ensayo de impacto

Para la recolección de datos se elaboró un total de 12 tablas que se pueden apreciar en los Anexos del 1 al 12, donde se calculó el valor de energía promedio, ya que se consideró este como punto de referencia para la comparación entre muestras.

A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran las energías medias de las 12 combinaciones analizadas, evidenciando la variación que obtuvo cada material y recubrimiento. Dado que normas como la ASTM E695 o ASTM D5420 no establecen límites o rangos, el desempeño se analizó de forma comparativa.

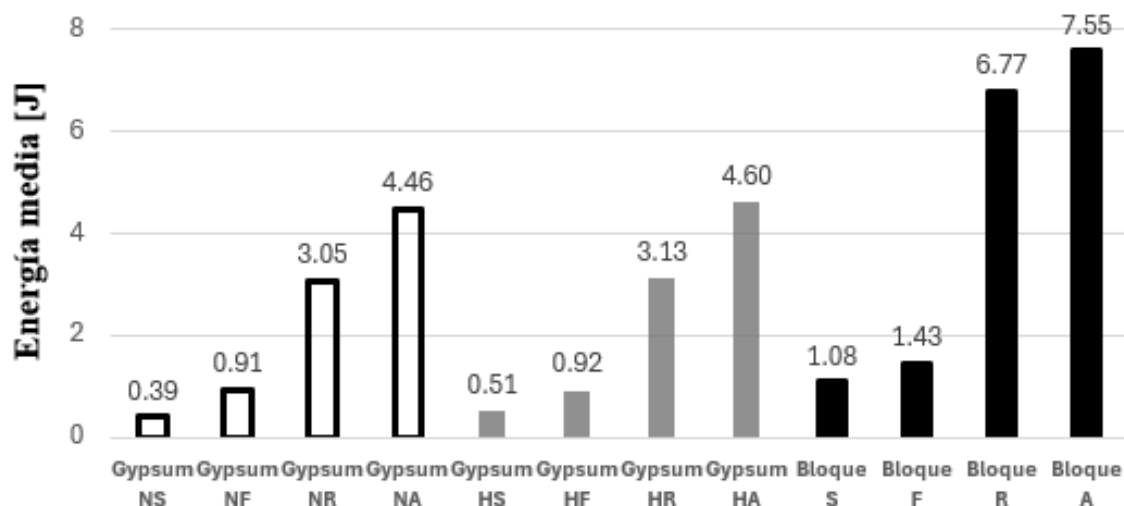


Figura 12
Representación de medias del ensayo de impacto

El valor más bajo encontrado es el del gypsum sin fibra de vidrio con una energía de 0.39 J. Al colocar las fibras F, R y A en el gypsum normal la energía va incrementando, llegando a un valor de hasta 4.46 J, mostrando que los recubrimientos mejoran la disipación de energía.

Respecto al gypsum resistente a la humedad se muestra la misma tendencia, con la diferencia que los valores son ligeramente superiores respecto al gypsum normal. Esta variación de valores entre el panel de gypsum normal y el panel de gypsum resistente a la humedad puede deberse a que, este último, según [32], tiene aditivos siliconados y papel tratado, lo que podría estar ayudando en su comportamiento contra los impactos. Los aditivos siliconados tienen un impacto en la microestructura lo que mejora y optimiza la distribución de poros, logrando un aumento en la densidad del material, junto con su cohesión interna y durabilidad, aportando a una microestructura más estable, compacta y resistente [39].

En los bloques de hormigón los valores son considerablemente mayores respecto a los dos tipos de gypsum, el bloque sin fibra presenta un valor de 1.08 J mientras que con la colocación de F, R y A incrementa la energía hasta 7.55 J. Esta diferencia puede deberse a que el bloque tiene un mayor espesor. Cabe recalcar que, R y A en este punto no poseen una diferencia tan grande como en los otros sustratos.

El incremento del espesor de un material tiene un impacto en su capacidad de absorber energía además de retrasar la propagación de daños internos como la fisuración [40]. El uso de fibra de vidrio aumenta la resistencia al impacto, mejorando la distribución de tensiones y reduce la propagación de microfisuras, a pesar de esto, los elementos aún conservan su comportamiento rígido por lo que son propensos a la fractura o falla [41].

Al recubrir los elementos con fibra de vidrio, F reportó los valores más bajos, esto se puede atribuir a que, entre las 3 fibras utilizadas es la que tiene el menor gramaje con 220 g/m². Según [42], el aumento en el gramaje otorga una mayor cantidad de masa por unidad de área, lo que podría aumentar la energía necesaria para producir una deformación o falla dado que, produce un material más denso favoreciendo sus propiedades mecánicas.

Al comparar con un estudio realizado por [43], en ladrillo cerámico hueco gran formato (LHGF) de 7cm donde se evaluó la energía disipada ante el impacto sobre una pared cerámica con un extremo libre y desvinculado en el resto del perímetro por bandas elásticas según la guía [44], donde se obtuvo un valor de 10 J. Valor que es superior al obtenido en el bloque de hormigón con fibra de vidrio, esta diferencia podría estar vinculada a las propiedades físicas ya que los ladrillos cerámicos tienen una microestructura más homogénea.

Además, el ensayo usado por [43] es de escala macro (estructural), por lo que la energía absorbida corresponde al sistema constructivo completo, esto quiere decir, que también considera la interacción entre componentes lo que puede aportar en su resistencia, a diferencia del ensayo ASTM D5420 que se identifica como un ensayo de escala micro (material) enfocándose en la resistencia localizada.

A pesar del recubrimiento los elementos no se asemejan al comportamiento de un material dúctil, por ejemplo, [26] evaluó la energía absorbida por materiales de polietileno reforzados con fibra de agave y azodicarbonamida (ACA) como agente espumante a través del mismo ensayo. Los resultados que se obtuvieron en dicho estudio mostraron que el polietileno sin aditivos obtuvo el valor más alto. La energía registrada fue de 91.9 J lo que demuestra una diferencia grande al comparar con el gypsum o bloque, esto puede deberse a que el polietileno es un elemento con comportamiento dúctil lo que permite que se deforme sin la necesidad de romperse para dispersar la energía dando una alta resistencia al impacto.

A través de un software para análisis estadístico se evaluó la distribución de datos presente en cada material con el propósito de determinar la normalidad de los datos. Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 4
Análisis de normalidad de datos para el ensayo de impacto

Grupo	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
*Gypsum N Sin fibra	0,963	30	0,361
*Gypsum N Con Fleece	0,938	30	0,081
Gypsum N Con Rugosa	0,896	30	0,007
Gypsum N Con Acústica	0,873	30	0,002
Gypsum H Sin fibra	0,899	30	0,008
Gypsum H Con Fleece	0,922	30	0,030
Gypsum H Con Rugosa	0,880	30	0,003
*Gypsum H Con Acústica	0,938	30	0,079
Bloque Sin fibra	0,881	30	0,003
Bloque Con Fleece	0,865	30	0,001
Bloque Con Rugosa	0,868	30	0,002
Bloque Con Acústica	0,870	30	0,002

Únicamente 3 grupos tienen una distribución normal debido a que sus p-valores son mayores o iguales a 0.05, por lo que se tuvo que realizar el análisis estadístico a través de la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis a través de un software estadístico ya que permite comparar tres o más grupos sin la necesidad de asumir normalidad de los datos. Los resultados obtenidos en el software se muestran la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 5
Prueba de Kruskal-Wallis para el ensayo de impacto

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	360
Estadístico de prueba	355.548 ^a
Grado de libertad	11
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<0.001

El resultado de Sig. Asintótica corresponde al p-valor. En este caso, se obtuvo un p-valor menor a 0.001, comprobando que al menos uno de los grupos presenta una distribución o mediana diferente. Sin embargo, la prueba no permite identificar entre qué grupos hay diferencias, por lo que es necesario realizar análisis por comparaciones múltiples. Cabe recalcar que el valor estadístico de prueba representa que tan diferentes son los grupos entre sí al comparar los rangos de datos, al tener un valor alto de estadístico de prueba como en este caso 355.548 lo que indica que los grupos presentan diferencias claras respecto a la energía liberada.

A continuación en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra de manera resumida los resultados de la comparación entre grupos.

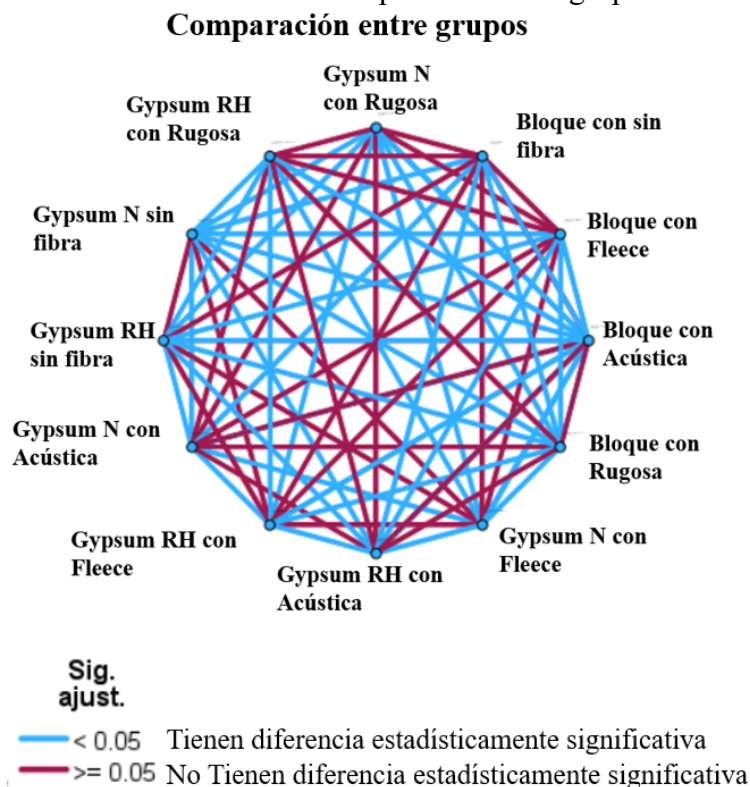
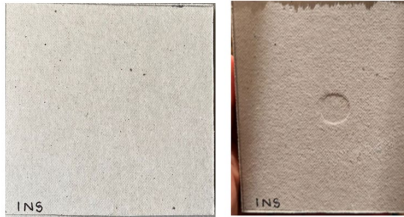
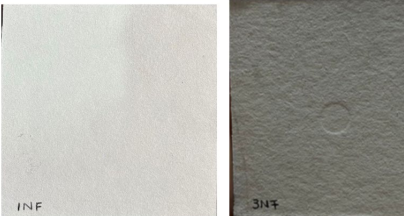




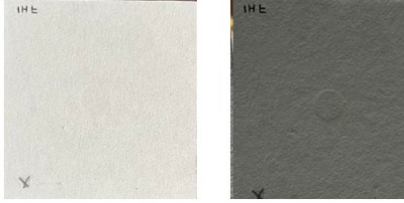
Figura 13
Resumen gráfico del análisis estadístico aplicado al ensayo de impacto

El análisis de comparaciones múltiples mostró que no hay diferencia significativa al comparar el gypsum normal con el gypsum resistente a la humedad cuando ambos materiales llevan la misma configuración de refuerzo. Los paneles sin fibra presentan diferencia significativa con los bloques en sus distintas combinaciones y frente a los paneles de gypsum reforzados con R y A, esto da un indicio de una menor capacidad para absorber energía en los elementos sin refuerzo o con F. Además, la aplicación de F en los paneles aproxima significativamente a los valores del bloque sin fibra y con F.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran las fallas encontradas en las distintas muestras, junto con su respectiva categorización.

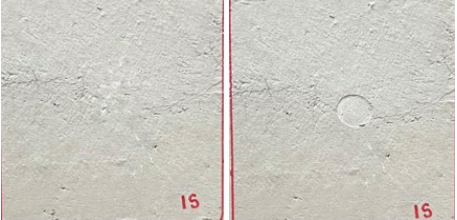
Tabla 6
Fallas encontradas en los paneles de Gypsum

Material	Evidencia grafica	Tipo de Falla	Observación
Gypsum Normal Fibra sin		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Gypsum Normal Fleece con		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Gypsum Normal Rugosa con		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Gypsum Normal Acústica con		Hundimiento	No se visualiza ningún daño visible en la cara ensayada, se analiza la falla en la parte posterior de la muestra

Gypsum Resistente a la humedad sin Fibra		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Gypsum Resistente a la humedad con Flece		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Gypsum Resistente a la humedad con Rugosa		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Gypsum Resistente a la humedad con Acústica		Hundimiento	No se visualiza ningún daño visible en la cara ensayada, se analiza la falla en la parte posterior de la muestra

Visualmente en todos los paneles ensayados existe el mismo tipo de falla, los únicos elementos que se diferencian son los paneles normales con A y los paneles resistentes a la humedad con A, ya que, el tejido acústico absorbente integrado presenta un comportamiento elástico lo que le permite recuperar su forma original, haciendo casi imperceptibles los daños en las caras ensayadas. Por esta razón se analizó la falla en la parte trasera de la muestra.

Tabla 7
Fallas encontradas en los bloques de hormigón

Material	Evidencia grafica	Tipo de Falla	Observación
Bloque sin Fibra		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento

Bloque con Fleece		Hundimiento	Deformación permanente, que no compromete su funcionamiento
Bloque con Rugosa		Fisura	Fisura localizada en la zona señalada, provocada por la energía de impacto aplicada.
Bloque con Acústica		Fisura	Fisura localizada en la zona señalada, provocada por la energía de impacto aplicada.

En el Bloque se encontró dos tipos de falla, hundimiento y fisura. Gracias a las propiedades que otorgan R y A para poder analizar o visualizar la falla, la energía liberada debe llegar al punto de fisurar el bloque de manera transversal ya que en la cara ensayada de la muestra no se visualiza ningún daño evidente.

Se evidencia una gran diferencia en los modos de falla entre el gypsum normal o resistente a la humedad y el bloque, específicamente al combinar los elementos con A. Esto puede deberse a que los paneles de gypsum tienen una baja capacidad de carga localizada, por lo que, la aplicación de impactos puede perforar el material [45]. A diferencia del bloque, donde la aplicación de un impacto tiende a generar grietas en su intento de absorber la energía, esto puede atribuirse a que el material presenta una mayor masa y rigidez [46].

4.4 Resultados del Ensayo de fuego

En los ensayos de fuego se consideró el análisis de diferentes factores por lo que se planteó el esquema mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para la recolección adecuada de datos de cada muestra.

Tabla 8
Resultados obtenidos en el Gypsum normal sin fibra en el ensayo de fuego

Panel Normal sin fibra							
Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero

1	no	no	4.2	-	0	no	si
2	no	no	4.5	-	0	no	si
3	no	no	4	-	0	no	si
4	no	no	4.3	-	0	no	si
5	no	no	4.2	-	0	no	si
6	no	no	4.3	-	0	no	si

Se recolectaron 7 datos donde únicamente la altura máxima de la llama varió entre y dentro de los grupos analizados. Es importante mencionar que ninguna muestra alcanzó la altura de 15 cm, parámetro que forma parte del criterio de medición del comportamiento ante el fuego, utilizado por sistemas de clasificación como la EN 13501-1.

Para una mejor interpretación de los valores, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra una gráfica de medias con intervalos de confianza del 95% obtenida a través de un software estadístico, permitiendo analizar la variación que obtuvo cada elemento. Con el propósito de mostrar que los intervalos no se superponen entre grupos.

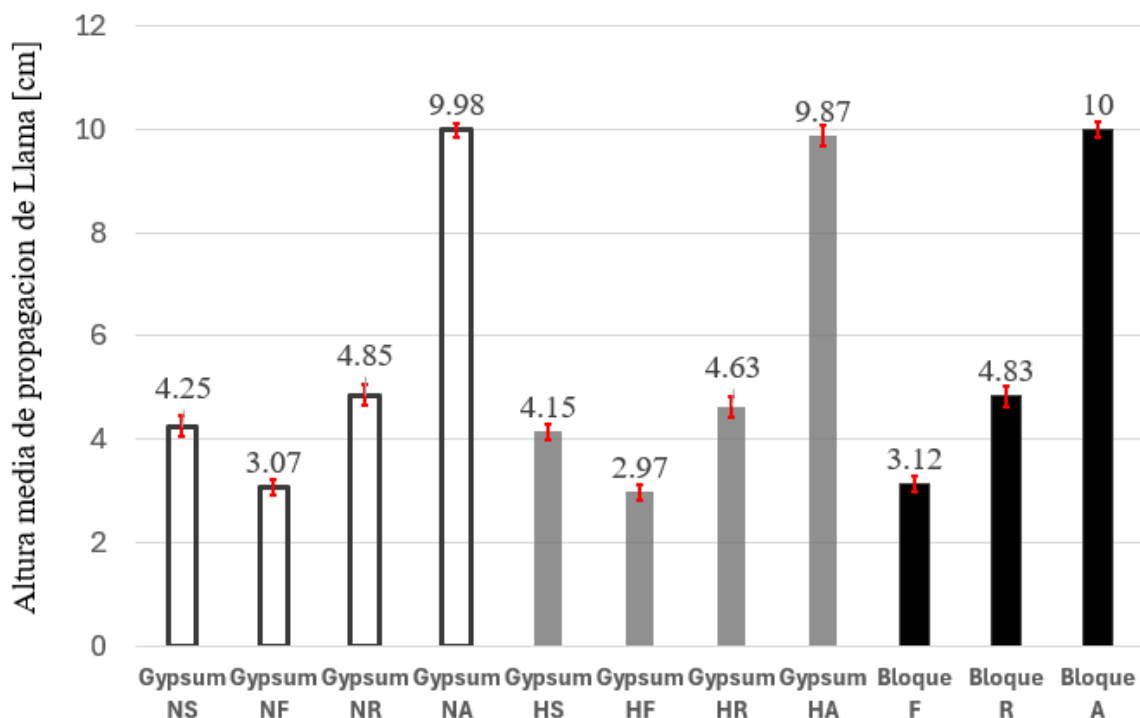


Figura 14

Alturas medias de propagación de llama con intervalos de confianza del 95%

Al analizar la propagación de llama se consideró que, mientras menor sea la altura mejor es el comportamiento del elemento. Visualmente se pudo apreciar que el tipo de recubrimiento influye en la propagación de llama, los elementos combinados con A tienen las medias de propagación de llama más altas, con valores próximos a 10 cm. Mientras que los elementos combinados con F dieron las medias más bajas, con valores cercanos a 3 cm.

Esta diferencia en las medias de propagación de llama puede atribuirse a que A tiene un tejido acústico absorbente, lo que haría que su comportamiento frente a la exposición de

fuego se vea afectado. Los tejidos acústico-absorbentes tienen fibras que se relacionan fácilmente con la energía que reciben, por lo que, este material se calienta rápidamente cuando está expuesto a una fuente de calor, lo que provoca que llegue a su temperatura de ignición de manera más rápida; la fibra no se degrada térmicamente pero la matriz compuesta, entra en un proceso de pirolisis, obteniendo una degradación y residuo sólido carbonizado [47], [48].

Los elementos sin fibra o con R no muestran variaciones significativas entre ellos lo que indica un comportamiento similar. Cabe recalcar que, los elementos recubiertos con el mismo material tampoco muestran variaciones importantes en sus medias, debido a que las condiciones del ensayo están enfocadas en la exposición superficial por lo que no hay mayor interacción con el panel de gypsum o bloque.

Según [49], en ensayos de inflamabilidad de baja escala, la propagación de llama depende de la pirolisis producida en el recubrimiento, el sustrato tiene poca participación en el comportamiento ya que no hay gran impacto térmico y la duración del ensayo es corta. Cabe recalcar que, pese a la similitud de las medias F tiene los valores más bajos, esto se puede atribuir a que está elaborado con fibra de hilo no tejido, ofreciendo una estructura más porosa, lo que reduce la acumulación de carbono durante la exposición con el fuego ya que se produce una oxidación completa, reduciendo la existencia de subproductos como son los residuos carbonosos, a diferencia de A y R que son elaborados con fibra de hilo tejido [50].

Los valores medios de altura de propagación de llama oscilaron entre 2.97 cm y 10 cm. Al comparar con resultados obtenidos por [51] y [52], donde al aplicar el mismo ensayo, obtuvieron una propagación de llama de 4 cm, al evaluar una lámina de madera contrachapada normal recubierto con pintura de protección contra incendios y perfiles de bambú térmico fabricado con tiras de bambú comprimidas; que corresponden a elementos que están enfocados a la resistencia contra el fuego, se pudo apreciar que las combinaciones analizadas en este estudio tienen un comportamiento similar.

Considerando que el ensayo tiene un enfoque respecto a la exposición de fuego de manera superficial, se puede resaltar que las superficies expuestas en los ensayos tienen algún mecanismo de protección contra el fuego. Según [53], la fibra de vidrio actúa como una barrera térmica lo que reduce la transferencia de calor, además de ser un elemento inorgánico que por sí mismo no es combustible, aunque puede reaccionar al estar combinada con otros compuestos.

Por la proximidad de los datos entre grupos, se realizó un análisis estadístico para definir si hay una diferencia estadísticamente significativa. Para este análisis se aplicó Kruskal-Wallis de manera directa, ya que, al tener grupos conformados por únicamente 6 datos la aplicación de pruebas de normalidad como Shapiro-Wilk presentan baja potencia estadística, lo que impide identificar desviaciones de la distribución normal y puede conducir a errores [22].

Tras aplicar Kruskal-Wallis, se demuestra que hay diferencia estadísticamente significativa entre al menos uno de los grupos, por lo que se aplicó una comparación en parejas para identificar los grupos que difieren entre sí, obteniendo los resultados mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Comparación entre grupos

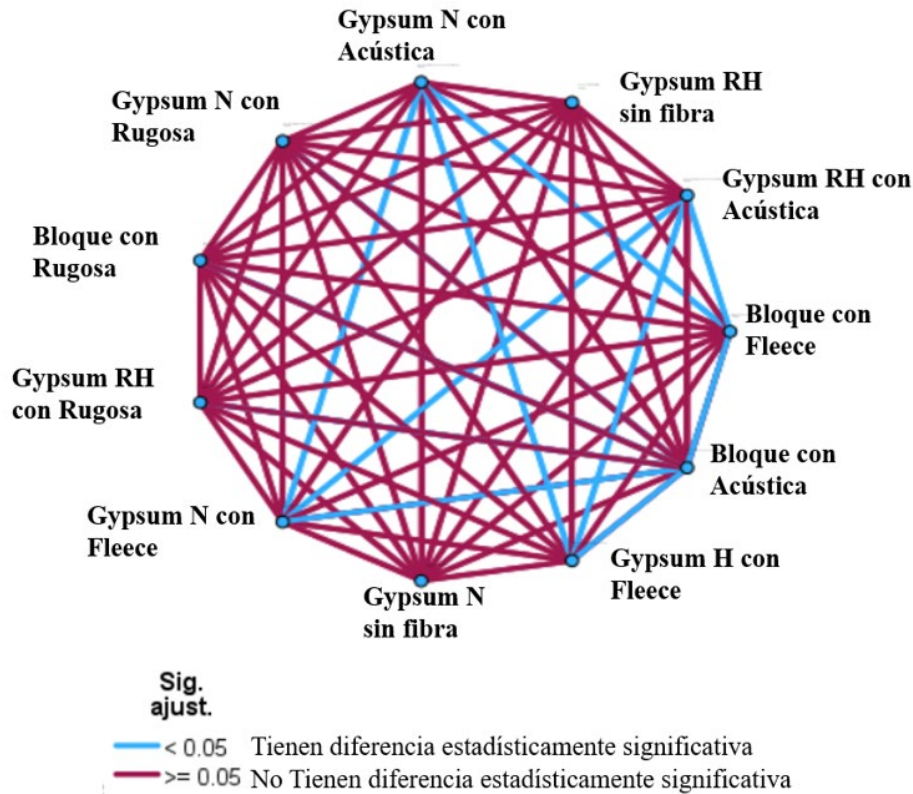



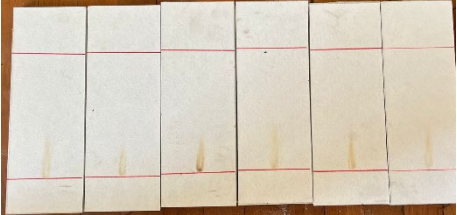
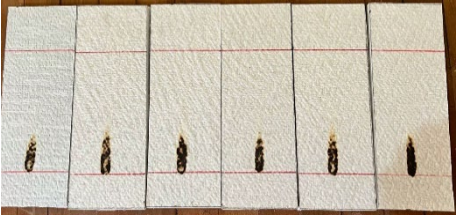
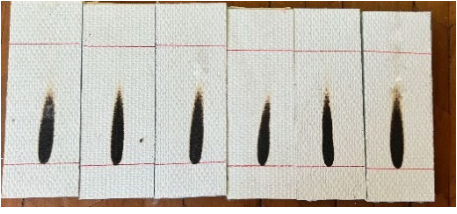
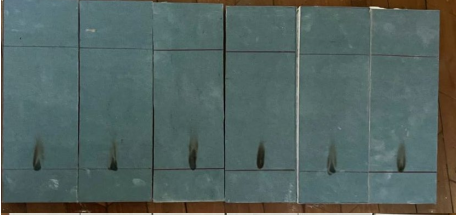


Figura 15
 Resumen gráfico del análisis estadístico aplicado al ensayo de fuego





Los resultados del análisis entre grupos muestran que únicamente A presenta una diferencia significativa, indicando un peor comportamiento respecto a la propagación de llama. Cabe recalcar que, entre paneles o bloques que lleven el mismo recubrimiento (F, R o A) no existe una diferencia estadística. Este comportamiento concuerda con lo indicado anteriormente, donde se menciona que, la capa superficial interviene en mayor medida.

Tampoco existe una diferencia significativa entre los grupos sin fibra y los grupos combinados con F o R, demostrando que a pesar de tener medias distintas, los grupos son estadísticamente similares, lo que indica que tienen un comportamiento semejante, sin mejoras significativas respecto al ensayo de fuego.

A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra los rangos y promedios obtenidos en cada ensayo junto con su representación gráfica del comportamiento obtenido.

Tabla 9
Resumen de datos de los ensayos de fuego

Material		Altura máxima	Altura mínima	Promedio	Evidencia gráfica
Gypsum Normal Fibra	sin	4.5 cm	4 cm	4.25 cm	
Gypsum Normal Fleece	con	3.2 cm	2.9 cm	3.07 cm	
Gypsum Normal Rugosa	con	5 cm	4.7 cm	4.85 cm	
Gypsum Normal Acústica	con	10.2 cm	9.8 cm	9.98 cm	
Gypsum Resistente a la humedad Fibra	a la sin	4.3 cm	4 cm	4.15 cm	
Gypsum Resistente a la humedad Fleece	a la con	3.2 cm	2.8 cm	2.97 cm	
Gypsum Resistente a la humedad Rugosa	a la con	4.8 cm	4.5 cm	4.63 cm	

Gypsum Resistente a la humedad Acústica	con	10.1 cm	9.6 cm	9.87 cm	
Bloque de hormigón Fleece	con	3.3 cm	3 cm	3.12 cm	
Bloque de hormigón Rugosa	con	5 cm	4.7 cm	4.83 cm	
Bloque de hormigón Acústica	con	10.2 cm	9.8 cm	10 cm	

A presenta los promedios más altos, en consecuencia, es el elemento con daños que visiblemente destacan sobre los demás. Las diferencias en la altura y tonalidad entre las fibras de vidrio estudiadas pueden deberse a cambios en la estructura del tejido e incluso por la incorporación de revestimientos acústico-absorbentes, influyendo en la composición del material lo que aporta contenido orgánico entre fibras, influyendo en la pirolisis del mismo, resultando en una carbonización en las secciones expuestas al fuego o en la extensión de la llama [48].

Como se mencionó anteriormente, el sustrato no interviene en gran medida dada la baja penetración térmica, por lo que, los daños evidenciados son similares cuando se tiene el mismo recubrimiento.

4.5 Resultados del Ensayo acústico

Los resultados obtenidos en el ensayo acústico están conformados por los datos recolectados en cada ensayo por medio de decibel x en función del tiempo. Decibel x realizó de manera directa el cálculo del índice de reducción sonora aplicando la ecuación 2, para una mejor interpretación se ha colocado la información en las siguientes tablas, cabe recalcar que las áreas consideradas son respecto a las caras expuestas de las rooms.

Tabla 10

Resumen de datos obtenidos con decibel x al evaluar el Gypsum normal y sus combinaciones.

Gypsum Normal				
	Sin fibra	Fleece	Rugosa	Acústica
L2 [dB]	65.5	65.4	62.1	59.6
Min [dB]	54.4	60.2	56.2	51.5
Max [dB]	69.8	73.9	69.3	64.3
Peak [dB]	76.7	78.7	74.2	66.2
A1 [m2]			0.54	
A2 [m2]			0.6338	
L1 [dB]			73.9	
SRI [dB]	7.704	7.804	11.104	13.604

Los valores de L2 (Leq), min, max y peak son calculados automáticamente por decibel x al finalizar la recolección de datos. Estos corresponden a la presión sonora, al valor mínimo y máximo detectado en los 5 minutos, además del pico instantáneo real. El SRI del gypsum normal sin fibra es de 7.704 [dB], mostrando una baja capacidad de aislamiento acústico, con la incorporación de F se obtiene una mejora mínima. En cambio con R y A tienen una mejora significativa de 11.104 [dB] y 13.604 [dB] respectivamente. Esta mejora se puede atribuir a la forma en la que están diseñadas las fibras especialmente A que tiene un tejido acústico absorbente en la parte posterior de la cara, esta estructura logra la disipación de energía sonora mediante la fricción del aire en los poros, lo que disminuye las resonancias internas y mejora el aislamiento acústico [54].

F y R no tienen un tejido acústico absorbente, aun así, ofrecen un mejor resultado que los elementos de gypsum sin recubrimiento, esto se puede atribuir a que, la incorporación de recubrimientos de un sistema multicapa, permitiendo que las capas trabajen de forma autónoma, lo que produce múltiples reflexiones que disminuyen la energía, además, el uso de capas ayuda al desacoplamiento vibratorio generando un sistema masa-aire-masa que impide la transmisión directa de las vibraciones [17].

Tabla 11

Resumen de datos obtenidos con decibel x al evaluar el Gypsum resistente a la humedad y sus combinaciones.

Gypsum Resistente a la Humedad				
	Sin fibra	Fleece	Rugosa	Acústica
L2 [dB]	65.3	65	61.9	59.3
Min [dB]	61.2	60.7	53.6	52.8
Max [dB]	71	73.7	73.7	67.8
Peak [dB]	74.1	77.9	80.3	72.1
A1 [m2]			0.54	
A2 [m2]			0.6338	
L1 [dB]			73.9	
SRI [dB]	7.904	8.204	11.304	13.904

El gypsum resistente a la humedad sin fibra obtuvo un SRI 7.904 dB, con la combinación de fibras sigue la misma tendencia de mejora progresiva que el gypsum normal pero con valores ligeramente superiores. Obteniendo un valor de 8.204 [dB], 11.304 [dB] y 13.904 [dB] al incluir F, R y A respectivamente.

El ligero incremento en el SRI del panel de gypsum resistente a la humedad respecto al panel de gypsum normal, se le puede atribuir a los aditivos siliconados lo que provocarían pequeñas variaciones en su masa o en su densidad, parámetros que influyen directamente en la disipación acústica [8].

Según [55], los valores que excedan los 65 [dB] durante el día, producen molestias en la población, este nivel es definido como umbral a partir del cual, el ruido afecta de manera negativa en la calidad de vida.

Los niveles de presión sonora (L2) del gypsum normal y resistente a la humedad superan este límite incluso con el uso de F, destacando que, los elementos combinados con R y A muestran un mejor comportamiento al combinarse tanto con los tipos de gypsum como con el bloque.

Tabla 12

Resumen de datos obtenidos con decibel x al evaluar el bloque y sus combinaciones.

	Bloque			
	Sin fibra	Fleece	Rugosa	Acústica
L2 [dB]	63.4	61.9	58.3	56.9
Min [dB]	57.7	60.9	56.1	52.5
Max [dB]	73.8	68.9	70.1	80.8
Peak [dB]	81.7	72.7	73.6	84.1
A1 [m2]			0.54	
A2 [m2]			1.7496	
L1 [dB]			73.9	
SRI [dB]	9.804	11.304	14.904	16.304

El bloque de hormigón sigue el mismo patrón que el gypsum normal con una mejora en los resultados, esto puede deberse a que los recubrimientos incrementan la masa superficial y amortiguan vibraciones, mejorando el desempeño acústico, además los bloques tienen una mayor oposición a la vibración gracias a su masa superficial [56]. El bloque con A tiene los mejores resultados llegando a incrementar el índice de reducción de sonido hasta en un 66% respecto al bloque sin fibra.

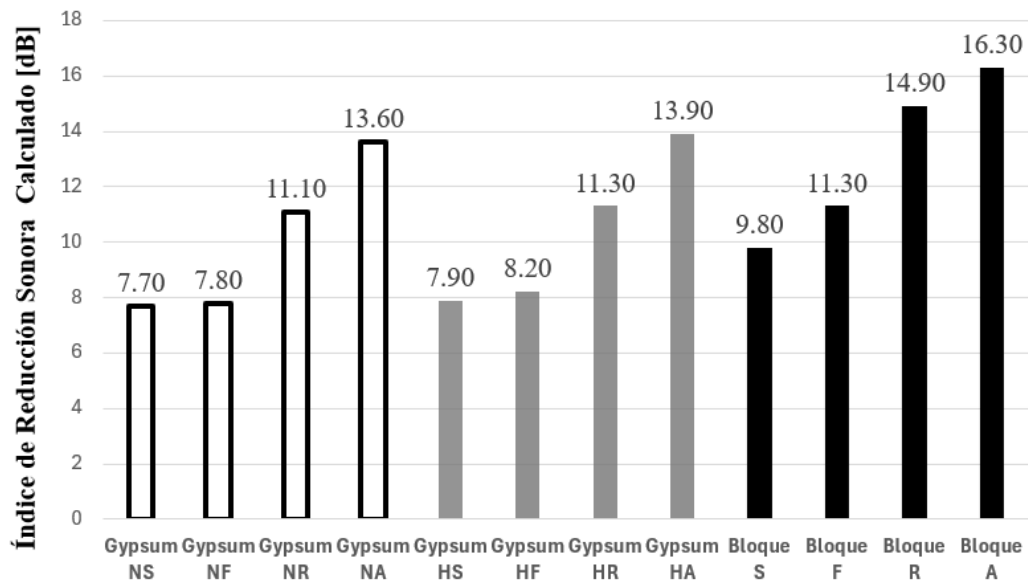


Figura 16
Resumen de los valores de SRI

Los resultados evidencian que los materiales sin recubrimiento presentan los valores más bajos de SRI, indicando un aislamiento acústico limitado. La aplicación de F genera mejoras leves, mientras que R y A incrementan significativamente el SRI en todas las configuraciones.

Los bloques de hormigón alcanzan valores más altos que las placas de gypsum, este resultado se le puede atribuir a su mayor masa superficial, ya que, el incremento de masa por unidad de área de un elemento reduce su disposición a vibrar ante la exposición de ondas sonoras, atenuando la energía transmitida por el sonido [56].

El comportamiento evidenciado tanto en el gypsum como en el bloque se asemeja con lo reportado por [57], quienes concluyeron que los sistemas constructivos mejoran el aislamiento acústico al incorporar capas en su masa estructural. Además, [58] menciona que, la incorporación de tejidos acústicos permeables y recubrimientos incrementan la disipación de energía acústica mejorando el desempeño del elemento ya que, al usar un sistema multicapa se incrementa el coeficiente de absorción sonora.

Entre los elementos sin recubrimiento y los recubiertos con A hay un aumento en el SRI de entre 5.9 y 6.5 [dB]. Según [59], reducciones de al menos 3 [dB] ya logran ser perceptibles, mientras que variaciones de entre 5 y 10 [dB] ya evidencian un cambio sonoro claro entre espacios.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se realizaron 3 ensayos enfocados a la evaluación ante el impacto, el fuego y el aislamiento acústico. Mostrando que la incorporación de fibra de vidrio en los elementos sí influye en su comportamiento. Es importante mencionar que en función del tipo de fibra (F, R o A) los beneficios van cambiando.

En el ensayo al impacto, se determinó que los elementos combinados con A obtienen una mejora de al menos un 11% respecto a las demás combinaciones, logrando que los paneles de gypsum consigan un comportamiento similar al bloque de hormigón sin recubrimiento. Cabe recalcar que la incorporación de F o R también incrementaron la capacidad de absorber energía en los elementos, mientras mayor gramaje tiene el recubrimiento, mayor resistencia aporta al elemento.

En la evaluación realizada ante el fuego, R y F no mostraron variación significativa al combinarse con el bloque, el gypsum normal y el gypsum resistente a la humedad, además, los paneles sin recubrimiento mostraron el mismo comportamiento. F obtuvo los mejores resultados tanto en las alturas de propagación de llama como en los daños visibles tras la exposición a la misma, a pesar de no tener una diferencia estadísticamente significativa. A es el único recubrimiento que se diferenció de los grupos dado que obtuvo una mayor propagación de llama, implicando un peor comportamiento, por lo que, respecto a la exposición de llama la incorporación de estos recubrimientos no tienen un aporte o beneficio notable.

En cuanto al aislamiento acústico, la fibra A destacó sobre las demás, obteniendo los valores de SRI más altos respecto a todas las configuraciones evaluadas; realizando un enfoque en el sustrato, el bloque consiguió el valor más alto, seguido por el gypsum resistente a la humedad y finalmente el gypsum normal. Además, la aplicación de R y A lograron que los paneles de gypsum normal y paneles de gypsum resistentes a la humedad superen el comportamiento del bloque sin fibra. En todos los casos los recubrimientos acústicos demuestran ser una estrategia efectiva para mejorar el aislamiento acústico.

La fibra de vidrio tiene un aporte significativo, logrando que los paneles incrementen su resistencia y aislamiento, llegando a un comportamiento similar a la mampostería tradicional. Sin embargo, respecto al fuego el bloque sigue teniendo un comportamiento muy superior dado que no reacciona a menos que este expuesto a una temperatura extremadamente alta.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda extender el análisis de resistencia al fuego, a través de ensayos como EN-13826 o ISO-5660-1 para evaluar el comportamiento en un sistema de escala real y la peligrosidad del material durante un incendio.

Complementar el análisis del aislamiento acústico con la norma ISO 354 para determinar el coeficiente de absorción acústica de las combinaciones analizadas.

Desarrollar la investigación con recubrimientos alternativos, como los cerámicos, para establecer el impacto que tiene aplicar la fibra de vidrio en los elementos

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Mamlouk y Z. John, *Materials for Civil and Construction Engineers*, Tercera ed., Upper Saddle River, New Jersey: Pearson, 2011.
- [2] Brick Industry Association, «The History of Bricks and Brickmaking,» 2017. [En línea]. Available: <https://brickarchitecture.com/about-brick/why-brick/the-history-of-bricks-brickmaking>. [Último acceso: 20 Mayo 2026].
- [3] E. Souza, «ArchDaily,» 21 Noviembre 2020. [En línea]. Available: https://www.archdaily.cl/cl/951606/ventajas-y-desventajas-de-la-mamposteria-estructural?utm_source=chatgpt.com.
- [4] E. Chiquito y A. Domínguez, «Análisis de costos y constructivo entre mamposterías de bloque y paneles de gypsum usadas en un edificio aporricado de hormigón armado,» *La Libertad*, 2023.
- [5] S. Morsali, R. Kambiz, O. Mohamed, S. Calvario, M. Gutai y M. Castro, «Evaluación del ciclo de vida de la producción de placas de yeso: un estudio de caso en el Reino Unido,» *Sustainability*, vol. 16, n° 9, 2024.
- [6] J. Santa Cruz Astorqui y M. Del Río Merino, «Propuesta de paneles prefabricados de yeso aligerado y simulación de su comportamiento mecánico,» Madrid, 2007.
- [7] CASACOR, «¿Qué es la fibra de vidrio y cuáles son los beneficios en la construcción?,» 22 Abril 2025. [En línea]. Available: <https://casacor.abril.com.br/ES/noticias/casacor-explica/o-que-e-fibra-de-vidro-e-quais-os-beneficios-na-construcao>.
- [8] F. Merli, S. Bouzit, M. Taha y C. Buratti, «Thermal and Acoustic Performance of Gypsum Plasters Mixed with Different Additives: Influence of Bio-Based, Synthetic, and Mineral Fillers,» *Applied Sciences*, vol. 13, n° 18, 2023.
- [9] S. Morales, «Fibra de vidrio, pruebas y aplicaciones,» México, 2008.
- [10] P. K. Mallick, *Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design*, tercera ed., Boca Raton: CRC Press, 2007.
- [11] D. Ortega, «Informe Tema VI: Materiales Compuestos,» Cagua, 2023.
- [12] B. Zhang, S. Zhang, Z. Yang, W. Liu, M. Huang y B. Liu, «Pyrolysis process and products characteristics of glass fiber reinforced epoxy resin from waste wind turbine blade,» *Composites Part B: Engineering*, vol. 287, 2024.
- [13] S. Pickering, «Recycling technologies for thermoset composite materials—current status,» *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 37, 2006.
- [14] B. Eberhard, *Fundamentals of Building Acoustics*, Hoboken, New Jersey, 2020.
- [15] J. F. Allard y N. Atalla, *Propagation of Sound in Porous Media: Modelling Sound Absorbing Materials*, Segunda ed., New York: Springer, 2009.
- [16] A. Shaid, A. Islam y V. Karthik, «Damping and sound absorption properties of polymer matrix composites: A review,» *Polymer Testing*, vol. 104, 2021.

- [17] R. Mu, L. Feng y J. Kang, «Características de aislamiento acústico de estructuras multicapa con un panel microperforado.,» *Applied Acoustics*, vol. 72, nº 12, 2011.
- [18] ASTM International, «ASTM D5420-21: Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimen by Means of a Striker Impacted by a Falling Weight (Gardner Impact),» ASTM International, West Conshohocken, 2021.
- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), «NTE INEN-ISO 11925-2: Ensayos de reacción al fuego — Inflamabilidad de productos sometidos a la acción directa de la llama — Parte 2: Ensayo con una sola fuente de llama,» Quito, 2014.
- [20] CHT, «¿Qué es la silicona RTV?,» 2025. [En línea]. Available: <https://cht-silicones.com/faq/what-is-rtv-silicone>.
- [21] International Organization for Standardization (ISO), «ISO 10140-1: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 1: Application rules for specific products,» International Organization for Standardization (ISO), Geneva, 2016.
- [22] G. Ruxton, D. Wilkinson y M. Neuhäuser, «Advice on testing the null hypothesis that a sample is drawn from a normal distribution,» *Animal Behaviour*, vol. 107, 2015.
- [23] C. Zhang, W. Grosshandler, A. Sauca y L. Choe, «Design of an ASTM E119 Fire Environment in a Large Compartment,» *Fire Technology*, vol. 56, nº 3, 2020.
- [24] A. P. d. Oliveira, «Desarrollo de espumas monocomponentes "verdes" (OCF, por sus siglas en inglés) con mayor resistencia al fuego y a las llamas.,» Lisboa, 2013.
- [25] C. Salvador, «Análisis de la flamabilidad del piso vinílico (SPC) según la norma NTE INEN-ISO 11925-2, con el fin de determinar su riesgo de combustión,» 2024.
- [26] R. Vázquez, E. Cisneros, F. Moscoso, E. Mendizábal, R. Gonzáles, D. Rodirgue y P. Ortega, «Morphological and Mechanical Properties of Bilayers Wood-Plastic Composites and Foams Obtained by Rotational Molding,» *Polymers*, vol. 12, nº 3, 25 Febrero 2020.
- [27] K. Özen, «Análisis de elementos finitos de losas de hormigón pretensado sometidas a carga de impacto.,» 2021.
- [28] D. Salazar y O. Solis, «Comportamiento de un mortero de piedra pómez como aislante térmico y acústico en revestimientos de módulos prefabricados en zonas andinas,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2023.
- [29] HOLCIM, «Qué Son los Bloques de Hormigón: Descubre sus Secretos y Utilidades,» 21 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://www.holcim.es/que-son-bloques-de-hormigon-para-que-sirven-y-como-se-utilizan>.
- [30] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), «NTE INEN 3066: (Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo),» Quito, 2016.
- [31] ACIMCO, «Gypsum ST,» Enero 2026. [En línea]. Available: https://www.acimco.com/product/gypsum-usg-ultra-light-estandar/?srsltid=AfmBOoojgD_cUdHYsnEnyQvo9ql79tSjZ-ZEry-ZihxBt9S2jzoTzwQI.

- [32] ACIMCO, «Gypsum RH 1.22 x 2.44 m,» 2026. [En línea]. Available: https://www.acimco.com/product/gypsum-usg-mold-tough-rh/?srsltid=AfmBOorxx_0rkXZriS90qoYOUs_lJnyFRUJOY6dn4eHRyWsPhJd4ZTtw.
- [33] Nordic Look LATAM, «Ficha Técnica PURE,» Nordic Look LATAM, 2020.
- [34] Nordic Look LATAM, «Ficha Técnica Active S38/SP38,» Nordic Look LATAM, 2020.
- [35] Nordic Look LATAM, «Ficha Técnica Active Acoustherm 904/233,» Nordic Look LATAM, 2020.
- [36] CasaLink, «Parlante Bluetooth (CS-0304),» [En línea]. Available: https://casalink.com.ar/producto/parlante-bluetooth-cs-0304/?utm_source=chatgpt.com.
- [37] Apple Inc., «iPhone 13 Pro - Especificaciones técnicas,» [En línea]. Available: <https://support.apple.com/es-lamr/111871>.
- [38] M. Celestina, C. Kardous y A. Trost, «Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of directional response,» *Applied Acoustics*, vol. 171, 1 Enero 2021.
- [39] J. Chen, C. Wei, J. Corríó, X. Sub, W. Wang y J. Zhang, «Functional hydrophobic coating for phosphogypsum via stoichiometric silanization, hydrophobic characterization, microstructure analysis, and durability evaluation,» *Construction and Building Materials*, vol. 347, 12 Septiembre 2022.
- [40] C. Ataş, B. Icten y M. Küçük, «Thickness effect on repeated impact response of woven fabric composite plates,» *Composites Part B: Engineering*, vol. 49, 2013.
- [41] D. Wu, L. Jing, S. Peng y W. Jing, «A Study on the Mechanical Properties of Glass-Fiber-Reinforced Defective Gypsum Boards,» *Sustainability*, vol. 16, n° 2, p. 821, 2024.
- [42] S. Gülsoy, Z. Hürfikir y B. Turgut, «Effects of decreasing grammage on the handsheet properties of unbeaten and beaten kraft pulps,» *Turkish Journal of Forestry*, vol. 17, n° 1, 2016.
- [43] Hispalyt, «Durabilidad y resiliencia de las fábricas de ladrillo y bloque cerámico para revestir,» 11 Octubre 2021. [En línea]. Available: https://materiales.gbce.es/wp-content/uploads/2021/11/DURABILIDAD-Y-RESILIENCIA-DE-LAS-F%C3%81BRICAS-DE-LADRILLO-Y-BLOQUE-CER%C3%81MICO-PARA-REVESTIR.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- [44] European Organisation for Technical Approvals (EOTA), «Guideline for European Technical Approval of Internal Partition Kits for Use as Non-Loadbearing Walls (ETAG 003),» Brussels, 2012.
- [45] ConcreteHome, «Impact Resistance of Concrete,» 2024. [En línea]. Available: <https://concretehomes.com/faq/impact-resistance/>.
- [46] D. Ferrández, M. Álvarez, A. Zaragoza y P. Santos, «Eco-Design and Characterization of Sustainable Lightweight Gypsum Composites for Panel

- Manufacturing Including End-of-Life Tyre Wastes,» *Materials*, vol. 17, nº 3, p. 635, 2024.
- [47] D. Dugasa, M. Monazzam, E. Taban, A. Putra, F. Golbabaei y M. Khadem, «Sound absorption performance of natural fiber composite from chrome shave and coffee silver skin,» *Acústica Aplicada*, vol. 182, 2021.
- [48] S. Yousef, J. Eimontas, N. Striūgas, M. Praspaliauskas y M. A. Abdelnaby, «Pyrolysis Kinetic Behaviour of Glass Fibre-Reinforced Epoxy Resin Composites Using Linear and Nonlinear Isoconversional Methods,» *Polymers*, vol. 13, nº 10, p. 1543, 2021.
- [49] B. Schartel y T. Hull, «Development of fire-retarded materials—Interpretation of cone calorimeter data,» *Fire and materials*, vol. 31, nº 5, 2007.
- [50] G. Oliveux, L. Dandy y G. Leeke, «Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties,» *Progress in Materials Science*, vol. 72, 2015.
- [51] Zenova Group, «BS EN ISO 11925-2: 2020 Pruebas para Zenova FP,» 2020. [En línea]. Available: <https://wp.zenovagroup.com/es/testing/bs-en-iso-11925-2-2020-testing-for-zenova-fp/>.
- [52] FelixWood, «EN ISO 11925-2 test report for Thermo Bamboo FELIXWOOD – Symphony,» 2022.
- [53] D. Pereira, C. Viegas y M. Pañao, «Heat transfer model of fire protection fiberglass thermal barrier coated with thin aluminium layer,» *International Journal of Thermal Scienses*, vol. 184, 2022.
- [54] L. Cao, Q. Fu, Y. Si, B. Ding y J. Yu, «Porous materials for sound absorption,» *Composites Communications*, vol. 10, pp. 25-35, 2018.
- [55] World Health Organization, «Guidelines for Community Noise,» Geneva, 1999.
- [56] D. Vigé, «Refinamiento del ruido interior del vehículo: diseño y desarrollo del paquete de sonido para el habitáculo,» de *Sound Insulation in Buildings*, Elsevier, 2014.
- [57] E. Sánchez y F. Cruz, «Determinación de zonas de ruido ambiental dañino en instalaciones no operativas de bases aéreas militares,» *REVISTA DE SANIDAD MILITAR*, vol. 76, nº 3, p. 16, 2022.
- [58] S. Sakamoto, K. Sato y G. Muroi, «Improvement of Sound-Absorbing Wool Material by Laminating Permeable Nonwoven Fabric Sheet and Nonpermeable Membrane,» *Technologies*, vol. 12, nº 10, 2024.
- [59] A. Everest y K. Pohlman, *Master Handbook of Acoustics*, Sexta ed., McGraw-Hill Education, 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del ensayo de impacto del Gypsum Normal Sin fibra

Gypsum Normal Sin Fibra				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	5	Si		0.368
2	4.8	No		0.353
3	5	Si		0.368
4	4.8	Si		0.353
5	4.6	No		0.338
6	4.8	No		0.353
7	5	Si		0.368
8	4.8	No		0.353
9	5	No		0.368
10	5.2	No		0.383
11	5.4	Si		0.397
12	5.2	No		0.383
13	5.4	No		0.397
14	5.6	No		0.412
15	5.8	Si	0.75	0.427
16	5.6	Si		0.412
17	5.4	No		0.397
18	5.6	No		0.412
19	5.8	No		0.427
20	6	Si		0.441
21	5.8	Si		0.427
22	5.6	Si		0.412
23	5.4	No		0.397
24	5.6	Si		0.412
25	5.4	Si		0.397
26	5.2	Si		0.383
27	5	No		0.368
28	5.2	No		0.383
29	5.4	Si		0.397
30	5.2	No		0.383
Energía promedio				0.389
Desviación normal				0.0260

Anexo 2. *Resultados del ensayo de impacto del Gypsum Normal con Fleece*

Gypsum Normal con Fleece				
Nº	Altura	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	12	no		0.883
2	12.2	no		0.898
3	12.4	si		0.912
4	12.2	no		0.898
5	12.4	no		0.912
6	12.6	si		0.927
7	12.4	si		0.912
8	12.2	no		0.898
9	12.4	no		0.912
10	12.6	si		0.927
11	12.4	si		0.912
12	12.2	no		0.898
13	12.4	no		0.912
14	12.6	no		0.927
15	12.8	si	0.75	0.942
16	12.6	si		0.927
17	12.4	no		0.912
18	12.6	no		0.927
19	12.8	no		0.942
20	13	si		0.956
21	12.8	si		0.942
22	12.6	si		0.927
23	12.4	no		0.912
24	12.6	si		0.927
25	12.4	si		0.912
26	12.2	si		0.898
27	12	no		0.883
28	12.2	no		0.898
29	12.4	si		0.912
30	12.2	si		0.898
Energía promedio				0.915
Desviación normal				0.0174

Anexo 3. Resultados del ensayo de impacto del Gypsum Normal con Rugosa

Gypsum Normal con Rugosa				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	42	no		3.090
2	42.2	si		3.105
3	42	no		3.090
4	42.2	si		3.105
5	42	si		3.090
6	41.8	si		3.075
7	41.6	no		3.061
8	41.8	si		3.075
9	41.6	si		3.061
10	41.4	no		3.046
11	41.6	si		3.061
12	41.4	si		3.046
13	41.2	no		3.031
14	41.4	si		3.046
15	41.2	si		3.031
16	41	no	0.75	3.017
17	41.2	no		3.031
18	41.4	si		3.046
19	41.2	no		3.031
20	41.4	si		3.046
21	41.2	no		3.031
22	41.4	si		3.046
23	41.2	no		3.031
24	41.4	no		3.046
25	41.6	si		3.061
26	41.4	no		3.046
27	41.6	si		3.061
28	41.4	si		3.046
29	41.2	no		3.031
30	41.4	si		3.046
Energía promedio				3.054
Desviación normal				0.0230

Anexo 4. Resultados del ensayo de impacto del Gypsum Normal con Acústica

Gypsum Normal con Acústica				
Nº	Altura	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	61	si		4.488
2	60.8	si		4.473
3	60.6	no		4.459
4	60.8	si		4.473
5	60.6	no		4.459
6	60.8	si		4.473
7	60.6	si		4.459
8	60.4	no		4.444
9	60.6	no		4.459
10	60.8	si		4.473
11	60.6	no		4.459
12	60.8	si		4.473
13	60.6	si		4.459
14	60.4	no		4.444
15	60.6	si	0.75	4.459
16	60.4	no		4.444
17	60.6	si		4.459
18	60.4	no		4.444
19	60.6	no		4.459
20	60.8	no		4.473
21	61	si		4.488
22	60.8	si		4.473
23	60.6	no		4.459
24	60.8	si		4.473
25	60.6	si		4.459
26	60.4	no		4.444
27	60.6	no		4.459
28	60.8	si		4.473
29	60.6	si		4.459
30	60.4	no		4.444
Energía promedio				4.462
Desviación normal				0.0124

Anexo 5. Resultados del ensayo de impacto del Gypsum resistente a la humedad sin fibra

Gypsum resistente a la humedad sin fibra				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	6	no		0.441
2	6.2	si		0.456
3	6	no		0.441
4	6.2	no		0.456
5	6.4	no		0.471
6	6.6	no		0.486
7	6.8	no		0.500
8	7	si		0.515
9	6.8	si		0.500
10	6.6	no		0.486
11	6.8	no		0.500
12	7	no		0.515
13	7.2	si		0.530
14	7	si		0.515
15	6.8	no		0.500
16	7	si	0.75	0.515
17	6.8	no		0.500
18	7	no		0.515
19	7.2	no		0.530
20	7.4	si		0.544
21	7.2	no		0.530
22	7.4	si		0.544
23	7.2	si		0.530
24	7	no		0.515
25	7.2	no		0.530
26	7.4	si		0.544
27	7.2	si		0.530
28	7	si		0.515
29	6.8	no		0.500
30	7	no		0.515
Energía promedio				0.506
Desviación normal				0.0283

Anexo 6. Resultados del ensayo de impacto del Gypsum resistente a la humedad con Fleece

Gypsum resistente a la humedad con Fleece				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	13	si		0.956
2	12.8	si		0.942
3	12.6	si		0.927
4	12.4	no		0.912
5	12.6	si		0.927
6	12.4	si		0.912
7	12.2	no		0.898
8	12.4	no		0.912
9	12.6	si		0.927
10	12.4	si		0.912
11	12.2	no		0.898
12	12.4	no		0.912
13	12.6	si		0.927
14	12.4	no		0.912
15	12.6	si		0.927
16	12.4	si	0.75	0.912
17	12.2	no		0.898
18	12.4	si		0.912
19	12.2	si		0.898
20	12	no		0.883
21	12.2	no		0.898
22	12.4	no		0.912
23	12.6	no		0.927
24	12.8	si		0.942
25	12.6	si		0.927
26	12.4	no		0.912
27	12.6	si		0.927
28	12.4	no		0.912
29	12.6	si		0.927
30	12.4	si		0.912
Energía promedio				0.917
Desviación normal				0.0153

Anexo 7. Resultados del ensayo de impacto del Gypsum resistente a la humedad con Rugosa

Gypsum resistente a la humedad con Rugosa				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	43	si		3.164
2	42.8	si		3.149
3	42.6	si		3.134
4	42.4	no		3.120
5	42.6	si		3.134
6	42.4	no		3.120
7	42.6	si		3.134
8	42.4	si		3.120
9	42.2	no		3.105
10	42.4	si		3.120
11	42.2	no		3.105
12	42.4	no		3.120
13	42.6	si		3.134
14	42.4	no		3.120
15	42.6	si		3.134
16	42.4	si	0.75	3.120
17	42.2	no		3.105
18	42.4	no		3.120
19	42.6	si		3.134
20	42.4	no		3.120
21	42.6	si		3.134
22	42.4	si		3.120
23	42.2	no		3.105
24	42.4	no		3.120
25	42.6	no		3.134
26	42.8	si		3.149
27	42.6	si		3.134
28	42.4	no		3.120
29	42.6	si		3.134
30	42.4	si		3.120
Energía promedio				3.126
Desviación normal				0.0135

Anexo 8. *Resultados del ensayo de impacto del Gypsum resistente a la humedad con Acústica*

Gypsum resistente a la humedad con Acústica				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	63	si		4.635
2	62.8	si		4.621
3	62.6	si		4.606
4	62.4	si		4.591
5	62.2	no		4.576
6	62.4	si		4.591
7	62.2	si		4.576
8	62	no		4.562
9	62.2	no		4.576
10	62.4	si		4.591
11	62.2	no		4.576
12	62.4	si		4.591
13	62.2	si		4.576
14	62	no		4.562
15	62.2	no	0.75	4.576
16	62.4	no		4.591
17	62.6	si		4.606
18	62.4	no		4.591
19	62.6	no		4.606
20	62.8	si		4.621
21	62.6	no		4.606
22	62.8	si		4.621
23	62.6	no		4.606
24	62.8	si		4.621
25	62.6	si		4.606
26	62.4	no		4.591
27	62.6	no		4.606
28	62.8	si		4.621
29	62.6	no		4.606
30	62.8	no		4.621
Energía promedio				4.597
Desviación normal				0.0189

Anexo 9. Resultados del ensayo de impacto del Bloque sin fibra

Bloque sin fibra				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	15	si		1.104
2	14.8	si		1.089
3	14.6	no		1.074
4	14.8	no		1.089
5	15	si		1.104
6	14.8	si		1.089
7	14.6	si		1.074
8	14.4	no		1.059
9	14.6	si		1.074
10	14.4	no		1.059
11	14.6	no		1.074
12	14.8	si		1.089
13	14.6	no		1.074
14	14.8	no		1.089
15	15	si	0.75	1.104
16	14.8	si		1.089
17	14.6	no		1.074
18	14.8	si		1.089
19	14.6	si		1.074
20	14.4	no		1.059
21	14.6	no		1.074
22	14.8	si		1.089
23	14.6	no		1.074
24	14.8	si		1.089
25	14.6	si		1.074
26	14.4	no		1.059
27	14.6	no		1.074
28	14.8	si		1.089
29	14.6	si		1.074
30	14.4	no		1.059
Energía promedio				1.080
Desviación normal				0.0129

Anexo 10. Resultados del ensayo de impacto del Bloque con Rugosa

Bloque con Rugosa				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	92	si		6.769
2	91.8	no		6.754
3	92	no		6.769
4	92.2	si		6.784
5	92	no		6.769
6	92.2	si		6.784
7	92	si		6.769
8	91.8	no		6.754
9	92	no		6.769
10	92.2	no		6.784
11	92.4	si		6.798
12	92.2	si		6.784
13	92	no		6.769
14	92.2	si		6.784
15	92	no	0.75	6.769
16	92.2	no		6.784
17	92.4	si		6.798
18	92.2	si		6.784
19	92	no		6.769
20	92.2	si		6.784
21	92	no		6.769
22	92.2	si		6.784
23	92	si		6.769
24	91.8	no		6.754
25	92	si		6.769
26	91.8	no		6.754
27	92	no		6.769
28	92.2	si		6.784
29	92	no		6.769
30	92.2	si		6.784
Energía promedio				6.774
Desviación normal				0.0117

Anexo 11. Resultados del ensayo de impacto del Bloque con Acústica

Bloque con Acústica				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	103	si		7.578
2	102.8	si		7.564
3	102.6	no		7.549
4	102.8	no		7.564
5	103	si		7.578
6	102.8	si		7.564
7	102.6	no		7.549
8	102.8	si		7.564
9	102.6	no		7.549
10	102.8	si		7.564
11	102.6	si		7.549
12	102.4	no		7.534
13	102.6	no		7.549
14	102.8	si		7.564
15	102.6	si	0.75	7.549
16	102.4	no		7.534
17	102.6	si		7.549
18	102.4	no		7.534
19	102.6	si		7.549
20	102.4	no		7.534
21	102.6	si		7.549
22	102.4	no		7.534
23	102.6	si		7.549
24	102.4	no		7.534
25	102.6	no		7.549
26	102.8	si		7.564
27	102.6	si		7.549
28	102.4	no		7.534
29	102.6	no		7.549
30	102.8	si		7.564
Energía promedio				7.551
Desviación normal				0.01264881

Anexo 12. Resultados del ensayo de impacto del Bloque con Fleece

Bloque con Fleece				
Nº	Altura [cm]	Falla	Peso [kg]	Energía [J]
1	20	si		1.472
2	19.8	si		1.457
3	19.6	si		1.442
4	19.4	si		1.427
5	19.2	no		1.413
6	19.4	si		1.427
7	19.2	no		1.413
8	19.4	si		1.427
9	19.2	no		1.413
10	19.4	no		1.427
11	19.6	si		1.442
12	19.4	si		1.427
13	19.2	no		1.413
14	19.4	no		1.427
15	19.6	si	0.75	1.442
16	19.4	si		1.427
17	19.2	no		1.413
18	19.4	si		1.427
19	19.2	no		1.413
20	19.4	si		1.427
21	19.2	no		1.413
22	19.4	no		1.427
23	19.6	si		1.442
24	19.4	si		1.427
25	19.2	si		1.413
26	19	no		1.398
27	19.2	no		1.413
28	19.4	si		1.427
29	19.2	no		1.413
30	19.4	si		1.427
Energía promedio				1.426
Desviación normal				0.0149

Anexo 13. *Resultados del ensayo de fuego del Panel Normal con Fleece*

Panel Normal con Fleece

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	3.2	-	0	no	si
2	no	no	2.9	-	0	no	si
3	no	no	3.2	-	0	no	si
4	no	no	3	-	0	no	si
5	no	no	3.1	-	0	no	si
6	no	no	3	-	0	no	si

Anexo 14. *Resultados del ensayo de fuego del Panel Normal con Rugosa*

Panel Normal con Rugosa

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	5	-	0	no	si
2	no	no	4.7	-	0	no	si
3	no	no	4.9	-	0	no	si
4	no	no	4.7	-	0	no	si
5	no	no	4.8	-	0	no	si
6	no	no	5	-	0	no	si

Anexo 15. Resultados del ensayo de fuego del Panel Normal con Acústica

Panel Normal con Acústica

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	10	-	0	no	si
2	no	no	9.8	-	0	no	si
3	no	no	10.1	-	0	no	si
4	no	no	9.8	-	0	no	si
5	no	no	10	-	0	no	si
6	no	no	10.2	-	0	no	si

Anexo 16. Resultados del ensayo de fuego del Panel resistente a la humedad sin fibra

Panel resistente a la humedad sin fibra

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	4	-	0	no	si
2	no	no	4.3	-	0	no	si
3	no	no	4.1	-	0	no	si
4	no	no	4.3	-	0	no	si
5	no	no	4.2	-	0	no	si
6	no	no	4	-	0	no	si

Anexo 17. Resultados del ensayo de fuego del Panel resistente a la humedad con Fleece

Panel resistente a la humedad con Fleece

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	2.8	-	0	no	si
2	no	no	3	-	0	no	si
3	no	no	2.9	-	0	no	si
4	no	no	3.2	-	0	no	si
5	no	no	3	-	0	no	si
6	no	no	2.9	-	0	no	si

Anexo 18. Resultados del ensayo de fuego del Panel resistente a la humedad con Rugosa

Panel resistente a la humedad con Rugosa

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	4.8	-	0	no	si
2	no	no	4.7	-	0	no	si
3	no	no	4.5	-	0	no	si
4	no	no	4.6	-	0	no	si
5	no	no	4.5	-	0	no	si
6	no	no	4.7	-	0	no	si

Anexo 19. Resultados del ensayo de fuego del Panel resistente a la humedad con Acústica

Panel resistente a la humedad con Acústica

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	9.7	-	0	no	si
2	no	no	10	-	0	no	si
3	no	no	10.1	-	0	no	si
4	no	no	9.8	-	0	no	si
5	no	no	9.6	-	0	no	si
6	no	no	10	-	0	no	si

Anexo 20. Resultados del ensayo de fuego del Bloque con Fleece

Bloque con Fleece

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	3.3	-	0	no	si
2	no	no	3	-	0	no	si
3	no	no	3	-	0	no	si
4	no	no	3.1	-	0	no	si
5	no	no	3.2	-	0	no	si
6	no	no	3.1	-	0	no	si

Anexo 21. Resultados del ensayo de fuego del Bloque con Rugosa

Bloque con Rugosa

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	4.7	-	0	no	si
2	no	no	5	-	0	no	si
3	no	no	4.8	-	0	no	si
4	no	no	4.9	-	0	no	si
5	no	no	4.9	-	0	no	si
6	no	no	4.7	-	0	no	si

Anexo 22. Resultados del ensayo de fuego del Bloque con Acústica

Bloque con Acústica

Nº	El elemento genera humo	Hubo presencia de partículas	Altura máxima de la llama	Tiempo en alcanzar la altura de 15 cm	Duración de la combustión tras retirar el mechero	Hubo presencia de gotas	Se apaga la llama tras retirar el mechero
1	no	no	10.1	-	0	no	si
2	no	no	10	-	0	no	si
3	no	no	9.9	-	0	no	si
4	no	no	10.2	-	0	no	si
5	no	no	10	-	0	no	si
6	no	no	9.8	-	0	no	si

Anexo 23. Comparación por parejas de los valores obtenidos en el ensayo de impacto

Comparaciones por parejas de Grupo					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Error normal	Estadístico de prueba normal	Sig.	Sig. ajust. ^a
Gypsum N Sin fibra-Gypsum H Sin fibra	-29.933	26.858	-1.114	0.265	1.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum N Con Fleece	-73.850	26.858	-2.750	0.006	0.394
Gypsum N Sin fibra-Gypsum H Con Fleece	-76.083	26.858	-2.833	0.005	0.305
Gypsum N Sin fibra-Bloque Sin fibra	-119.967	26.858	-4.467	0.000	0.001
Gypsum N Sin fibra-Bloque Con Fleece	-149.967	26.858	-5.584	0.000	0.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum N Con Rugosa	-180.100	26.858	-6.706	0.000	0.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum H Con Rugosa	-209.833	26.858	-7.813	0.000	0.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum N Con Acústica	-239.967	26.858	-8.934	0.000	0.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum H Con Acústica	-269.967	26.858	-10.051	0.000	0.000
Gypsum N Sin fibra-Bloque Con Rugosa	-299.967	26.858	-11.168	0.000	0.000
Gypsum N Sin fibra-Bloque Con Acústica	-329.967	26.858	-12.285	0.000	0.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum N Con Fleece	43.917	26.858	1.635	0.102	1.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum H Con Fleece	-46.150	26.858	-1.718	0.086	1.000
Gypsum H Sin fibra-Bloque Sin fibra	-90.033	26.858	-3.352	0.001	0.053
Gypsum H Sin fibra-Bloque Con Fleece	-120.033	26.858	-4.469	0.000	0.001
Gypsum H Sin fibra-Gypsum N Con Rugosa	150.167	26.858	5.591	0.000	0.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum H Con Rugosa	-179.900	26.858	-6.698	0.000	0.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum N Con Acústica	210.033	26.858	7.820	0.000	0.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum H Con Acústica	-240.033	26.858	-8.937	0.000	0.000

Gypsum H Sin fibra-Bloque Con Rugosa	-270.033	26.858	-10.054	0.000	0.000
Gypsum H Sin fibra-Bloque Con Acústica	-300.033	26.858	-11.171	0.000	0.000
Gypsum N Con Fleece- Gypsum H Con Fleece	-2.233	26.858	-0.083	0.934	1.000
Gypsum N Con Fleece-Bloque Sin fibra	-46.117	26.858	-1.717	0.086	1.000
Gypsum N Con Fleece-Bloque Con Fleece	-76.117	26.858	-2.834	0.005	0.303
Gypsum N Con Fleece- Gypsum N Con Rugosa	-106.250	26.858	-3.956	0.000	0.005
Gypsum N Con Fleece- Gypsum H Con Rugosa	-135.983	26.858	-5.063	0.000	0.000
Gypsum N Con Fleece- Gypsum N Con Acústica	-166.117	26.858	-6.185	0.000	0.000
Gypsum N Con Fleece- Gypsum H Con Acústica	-196.117	26.858	-7.302	0.000	0.000
Gypsum N Con Fleece-Bloque Con Rugosa	-226.117	26.858	-8.419	0.000	0.000
Gypsum N Con Fleece-Bloque Con Acústica	-256.117	26.858	-9.536	0.000	0.000
Gypsum H Con Fleece-Bloque Sin fibra	-43.883	26.858	-1.634	0.102	1.000
Gypsum H Con Fleece-Bloque Con Fleece	-73.883	26.858	-2.751	0.006	0.392
Gypsum H Con Fleece- Gypsum N Con Rugosa	104.017	26.858	3.873	0.000	0.007
Gypsum H Con Fleece- Gypsum H Con Rugosa	-133.750	26.858	-4.980	0.000	0.000
Gypsum H Con Fleece- Gypsum N Con Acústica	163.883	26.858	6.102	0.000	0.000
Gypsum H Con Fleece- Gypsum H Con Acústica	-193.883	26.858	-7.219	0.000	0.000
Gypsum H Con Fleece-Bloque Con Rugosa	-223.883	26.858	-8.336	0.000	0.000
Gypsum H Con Fleece-Bloque Con Acústica	-253.883	26.858	-9.453	0.000	0.000
Bloque Sin fibra-Bloque Con Fleece	-30.000	26.858	-1.117	0.264	1.000
Bloque Sin fibra-Gypsum N Con Rugosa	60.133	26.858	2.239	0.025	1.000
Bloque Sin fibra-Gypsum H Con Rugosa	89.867	26.858	3.346	0.001	0.054

Bloque Sin fibra-Gypsum N Con Acústica	120.000	26.858	4.468	0.000	0.001
Bloque Sin fibra-Gypsum H Con Acústica	150.000	26.858	5.585	0.000	0.000
Bloque Sin fibra-Bloque Con Rugosa	-180.000	26.858	-6.702	0.000	0.000
Bloque Sin fibra-Bloque Con Acústica	-210.000	26.858	-7.819	0.000	0.000
Bloque Con Fleece-Gypsum N Con Rugosa	30.133	26.858	1.122	0.262	1.000
Bloque Con Fleece-Gypsum H Con Rugosa	59.867	26.858	2.229	0.026	1.000
Bloque Con Fleece-Gypsum N Con Acústica	90.000	26.858	3.351	0.001	0.053
Bloque Con Fleece-Gypsum H Con Acústica	120.000	26.858	4.468	0.000	0.001
Bloque Con Fleece-Bloque Con Rugosa	-150.000	26.858	-5.585	0.000	0.000
Bloque Con Fleece-Bloque Con Acústica	-180.000	26.858	-6.702	0.000	0.000
Gypsum N Con Rugosa- Gypsum H Con Rugosa	-29.733	26.858	-1.107	0.268	1.000
Gypsum N Con Rugosa- Gypsum N Con Acústica	-59.867	26.858	-2.229	0.026	1.000
Gypsum N Con Rugosa- Gypsum H Con Acústica	-89.867	26.858	-3.346	0.001	0.054
Gypsum N Con Rugosa- Bloque Con Rugosa	-119.867	26.858	-4.463	0.000	0.001
Gypsum N Con Rugosa- Bloque Con Acústica	-149.867	26.858	-5.580	0.000	0.000
Gypsum H Con Rugosa- Gypsum N Con Acústica	30.133	26.858	1.122	0.262	1.000
Gypsum H Con Rugosa- Gypsum H Con Acústica	-60.133	26.858	-2.239	0.025	1.000
Gypsum H Con Rugosa- Bloque Con Rugosa	-90.133	26.858	-3.356	0.001	0.052
Gypsum H Con Rugosa- Bloque Con Acústica	-120.133	26.858	-4.473	0.000	0.001
Gypsum N Con Acústica- Gypsum H Con Acústica	-30.000	26.858	-1.117	0.264	1.000
Gypsum N Con Acústica- Bloque Con Rugosa	-60.000	26.858	-2.234	0.025	1.000
Gypsum N Con Acústica- Bloque Con Acústica	-90.000	26.858	-3.351	0.001	0.053

Gypsum H Con Acústica- Bloque Con Rugosa	-30.000	26.858	-1.117	0.264	1.000
Gypsum H Con Acústica- Bloque Con Acústica	-60.000	26.858	-2.234	0.025	1.000
Bloque Con Rugosa-Bloque Con Acústica	-30.000	26.858	-1.117	0.264	1.000

Anexo 24. Prueba de Kruskal-Wallis para los datos obtenidos en los ensayos de fuego

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	66
Estadístico de prueba	61.781 ^a
Grado de libertad	10
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<0.001

Anexo 25. Comparación por parejas para ensayo de fuego

Comparaciones por parejas de Tipo de material					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Error normal	Estadístico de prueba normal	Sig.	Sig. ajust. ^a
Gypsum H Con Fleece-Gypsum N Con Fleece	3.917	11.063	0.354	0.723	1.000
Gypsum H Con Fleece-Bloque Con Fleece	-5.833	11.063	-0.527	0.598	1.000
Gypsum H Con Fleece-Gypsum H Sin fibra	17.250	11.063	1.559	0.119	1.000
Gypsum H Con Fleece-Gypsum N Sin fibra	19.417	11.063	1.755	0.079	1.000
Gypsum H Con Fleece-Gypsum H Con Rugosa	-28.583	11.063	-2.584	0.010	0.538
Gypsum H Con Fleece-Bloque Con Rugosa	-35.250	11.063	-3.186	0.001	0.079
Gypsum H Con Fleece-Gypsum N Con Rugosa	35.750	11.063	3.231	0.001	0.068
Gypsum H Con Fleece-Gypsum H Con Acústica	-49.000	11.063	-4.429	0.000	0.001

Gypsum H Con Fleece-Gypsum N Con Acústica	52.167	11.063	4.715	0.000	0.000
Gypsum H Con Fleece-Bloque Con Acústica	-52.583	11.063	-4.753	0.000	0.000
Gypsum N Con Fleece-Bloque Con Fleece	-1.917	11.063	-0.173	0.862	1.000
Gypsum N Con Fleece-Gypsum H Sin fibra	-13.333	11.063	-1.205	0.228	1.000
Gypsum N Con Fleece-Gypsum N Sin fibra	15.500	11.063	1.401	0.161	1.000
Gypsum N Con Fleece-Gypsum H Con Rugosa	-24.667	11.063	-2.230	0.026	1.000
Gypsum N Con Fleece-Bloque Con Rugosa	-31.333	11.063	-2.832	0.005	0.254
Gypsum N Con Fleece-Gypsum N Con Rugosa	-31.833	11.063	-2.877	0.004	0.221

Gypsum N Con Fleece-Gypsum H Con Acústica	-45.083	11.063	-4.075	0.000	0.003
Gypsum N Con Fleece-Gypsum N Con Acústica	-48.250	11.063	-4.361	0.000	0.001
Gypsum N Con Fleece-Bloque Con Acústica	-48.667	11.063	-4.399	0.000	0.001
Bloque Con Fleece-Gypsum H Sin fibra	11.417	11.063	1.032	0.302	1.000
Bloque Con Fleece-Gypsum N Sin fibra	13.583	11.063	1.228	0.220	1.000
Bloque Con Fleece-Gypsum H Con Rugosa	22.750	11.063	2.056	0.040	1.000
Bloque Con Fleece-Bloque Con Rugosa	-29.417	11.063	-2.659	0.008	0.431
Bloque Con Fleece-Gypsum N Con Rugosa	29.917	11.063	2.704	0.007	0.377

Bloque Con Fleece-Gypsum H Con Acústica	43.167	11.063	3.902	0.000	0.005
Bloque Con Fleece-Gypsum N Con Acústica	46.333	11.063	4.188	0.000	0.002
Bloque Con Fleece-Bloque Con Acústica	-46.750	11.063	-4.226	0.000	0.001
Gypsum H Sin fibra-Gypsum N Sin fibra	2.167	11.063	0.196	0.845	1.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum H Con Rugosa	-11.333	11.063	-1.024	0.306	1.000
Gypsum H Sin fibra-Bloque Con Rugosa	-18.000	11.063	-1.627	0.104	1.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum N Con Rugosa	18.500	11.063	1.672	0.094	1.000
Gypsum H Sin fibra-Gypsum H Con Acústica	-31.750	11.063	-2.870	0.004	0.226
Gypsum H Sin fibra-Gypsum N Con Acústica	34.917	11.063	3.156	0.002	0.088

Gypsum H Sin fibra-Bloque Con Acústica	-35.333	11.063	-3.194	0.001	0.077
Gypsum N Sin fibra-Gypsum H Con Rugosa	-9.167	11.063	-0.829	0.407	1.000
Gypsum N Sin fibra-Bloque Con Rugosa	-15.833	11.063	-1.431	0.152	1.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum N Con Rugosa	-16.333	11.063	-1.476	0.140	1.000
Gypsum N Sin fibra-Gypsum H Con Acústica	-29.583	11.063	-2.674	0.007	0.412
Gypsum N Sin fibra-Gypsum N Con Acústica	-32.750	11.063	-2.960	0.003	0.169
Gypsum N Sin fibra-Bloque Con Acústica	-33.167	11.063	-2.998	0.003	0.149
Gypsum H Con Rugosa-Bloque Con Rugosa	-6.667	11.063	-0.603	0.547	1.000

Gypsum H Con Rugosa-Gypsum N Con Rugosa	7.167	11.063	0.648	0.517	1.000
Gypsum H Con Rugosa-Gypsum H Con Acústica	-20.417	11.063	-1.845	0.065	1.000
Gypsum H Con Rugosa-Gypsum N Con Acústica	23.583	11.063	2.132	0.033	1.000
Gypsum H Con Rugosa-Bloque Con Acústica	-24.000	11.063	-2.169	0.030	1.000
Bloque Con Rugosa-Gypsum N Con Rugosa	0.500	11.063	0.045	0.964	1.000
Bloque Con Rugosa-Gypsum H Con Acústica	13.750	11.063	1.243	0.214	1.000
Bloque Con Rugosa-Gypsum N Con Acústica	16.917	11.063	1.529	0.126	1.000
Bloque Con Rugosa-Bloque Con Acústica	-17.333	11.063	-1.567	0.117	1.000

Gypsum N Con Rugosa-Gypsum H Con Acústica	-13.250	11.063	-1.198	0.231	1.000
Gypsum N Con Rugosa-Gypsum N Con Acústica	-16.417	11.063	-1.484	0.138	1.000
Gypsum N Con Rugosa-Bloque Con Acústica	-16.833	11.063	-1.522	0.128	1.000
Gypsum H Con Acústica-Gypsum N Con Acústica	3.167	11.063	0.286	0.775	1.000
Gypsum H Con Acústica-Bloque Con Acústica	-3.583	11.063	-0.324	0.746	1.000
Gypsum N Con Acústica-Bloque Con Acústica	-0.417	11.063	-0.038	0.970	1.000

Anexo 26. *Resultado de Decibel X para el gypsum norma sin recubrimiento*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	65.5 dB
Min	54.4 dB
Max	69.8 dB
Peak	76.7 dB

Anexo 27. *Resultado de Decibel X para el gypsum norma con Fleece*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	65.4 dB
Min	60.2 dB
Max	73.9 dB
Peak	78.7 dB

Anexo 28. *Resultado de Decibel X para el gypsum norma con Rugosa*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	62.1 dB
Min	56.2 dB
Max	69.3 dB
Peak	74.2 dB

Anexo 29. *Resultado de Decibel X para el gypsum norma con Acústica*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	59.6 dB
Min	51.5 dB
Max	64.3 dB
Peak	66.2 dB

Anexo 30. *Resultado de Decibel X para el gypsum resistente a la humedad sin recubrimiento*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	65.3 dB
Min	61.2 dB
Max	71.0 dB
Peak	74.1 dB

Anexo 31. *Resultado de Decibel X para el gypsum resistente a la humedad con Fleece*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	65.0 dB
Min	60.7 dB
Max	73.7 dB
Peak	77.9 dB

Anexo 32. *Resultado de Decibel X para el gypsum resistente a la humedad con Rugosa*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	61.9 dB
Min	53.6 dB
Max	73.7 dB
Peak	80.3 dB

Anexo 33. *Resultado de Decibel X para el gypsum resistente a la humedad con Acústica*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	59.3 dB
Min	52.8 dB
Max	67.8 dB
Peak	72.1 dB

Anexo 34. *Resultado de Decibel X para el bloque de hormigón sin recubrimiento*

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	63.4 dB
Min	57.7 dB
Max	73.8 dB
Peak	81.7 dB

Anexo 35. Resultado de Decibel X para el bloque de hormigón con Fleece

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	61.9 dB
Min	60.9 dB
Max	68.9 dB
Peak	72.7 dB

Anexo 36. Resultado de Decibel X para el bloque de hormigón con Rugosa

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	58.3 dB
Min	56.1 dB
Max	70.1 dB
Peak	73.6 dB

Anexo 37. Resultado de Decibel X para el bloque de hormigón con Acústica

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	56.9 dB
Min	52.5 dB
Max	80.8 dB
Peak	84.1 dB

Anexo 38. Resultado de Decibel X para Sonido ambiente

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	45.2 dB
Min	32.8 dB
Max	65.7 dB
Peak	72.7 dB

Anexo 39. Resultado de Decibel X para Ruido interior

Measurement configurations

Ponderación de frecuencia	A
Tiempo de respuesta	Rápida (0.2s)
Calibración	+0.0 dB
Avg/Leq	73.9 dB
Min	59.5 dB
Max	77.2 dB
Peak	82.8 dB