

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



MAESTRÍA EN MECÁNICA, MENCIÓN MANUFACTURA
COHORTE 2019

TEMA:

**“PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN DE UN AISLANTE
TÉRMICO MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE
MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER
REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO”**

Trabajo de titulación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Mecánica Mención Manufactura

Autor: Ing. Erika Pamela Freire Quinga

Director: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

Ambato- Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación presentado, previo a la obtención del título Magíster en Mecánica, Mención Manufactura. Con el tema: **“PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN DE UN AISLANTE TÉRMICO MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO”** elaborado por la Ing. Erika Pamela Freire Quinga con cedula de identidad C.I. 1804654737 Maestrante de la MAESTRÍA EN MECÁNICA, MENCIÓN MANUFACTURA COHORTE 2019 de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo de Titulación es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ing. Mauricio Carrillo Rosero, Mg.

C.I. 1802147890

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN DE UN AISLANTE TÉRMICO MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO” le corresponde exclusivamente a la Ing. Erika Pamela Freire Quinga, Autor bajo la Dirección del Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero Mg., Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Erika Pamela Freire Quinga

C.I. 180465473-7

AUTOR

Ing. Mauricio Carrillo Rosero, Mg.

C.I.180247890

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Erika Pamela Freire Quinga

C.I. 180465473-7

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la unidad académica de titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg., Francisco Agustín Peña Jordán, MSc., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ **PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN DE UN AISLANTE TÉRMICO MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO**” elaborado y presentado por la señorita Ing. Erika Pamela Freire Quinga, para optar por el Grado Académico de Magíster en Mecánica Mención Manufactura una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.
Presidente del Tribunal

Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.
Miembro del Tribunal

DEDICATORIA

A mi hijo Derek Mathías, cada vez que miro tus ojos me das las fuerzas necesarias para continuar en la batalla, aunque a veces sienta que ya no puedo más.

Te amo hasta el infinito ♡...

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a sus Autoridades, Cuerpo Docente y de Servicio por ser promotores de esta maestría.

A las empresas Carrocerías Varma y Masterfibra de la ciudad de Ambato por apoyarme con los materiales para la realización del presente proyecto

Al Ing. Mauricio Carrillo, tutor de la presente investigación, por su infinita paciencia, su incondicional apoyo y asesoramiento.

A mis padres Arturo y América, a mis hermanos María José y Sebastián y a mi cuñado Carlos por su incansable apoyo a lo largo de todos mis años de estudio.

A mis amigos Tannia S., Juan Pablo M., Christian P., Xavier V., Germán C., Dennis Sánchez., Gustavo G., Andrés B., Adriano T., quienes fueron pilares fundamentales en la ejecución del presente proyecto y estuvieron brindándome su apoyo incondicional en cada momento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.5 Fundamentación teórica	5
1.5.1 Materiales compuestos	5
1.5.1.1 Fibra de vidrio	6
1.5.1.2 Resina poliéster	7
1.5.1.3 Curado	8
1.5.1.4 Mek peróxido	9
1.5.1.5 Moldes.....	9
1.5.1.6 Gel coat	9
1.5.1.7 Coremat.....	10
1.5.2 Tipos de moldes	11
1.5.2.1 Moldeo manual o Hand lay-up.....	11

1.5.2.2 Ventajas y desventajas	12
1.5.2.3 Molde abierto	12
1.5.2.4 Moldeo por bolsa de vacío	13
1.5.2.5 Aislante tipo sándwich	13
1.5.2.6 Aislamiento térmico	14
1.5.2.7 Laminados	15
1.5.3 Reciclado desperdicios de material compuesto.....	15
1.5.3.1 Residuos de GFRP	15
1.5.4 Problemas en la vivienda originados por el calor	16
1.5.4.1 Estrés térmico.....	17
1.5.5 Campo de aplicación.....	18
1.5.5.1 Placa de yeso laminado o Gypsum.....	18
1.5.5.2 Tipos de placas de yeso laminado o gypsum	18
1.5.5.3 Estructura de soporte.....	19
1.5.5.4 Sistemas de Gypsum como aislantes térmicos.....	20
1.5.5.5 Conductividad térmica	20
1.5.6 Convección térmica.....	20
1.5.7 Resistencia de materiales	22
1.5.7.1 Ensayo de flexión.....	23
1.5.7.2 Ensayo de dureza.....	25
1.5.7.3 Ensayo de resistencia térmica o conductividad térmica.....	26
CAPÍTULO II	28
2.1 Materiales y Equipos.....	28
2.1.1 Materiales.....	28
2.1.1.1 Residuos de GFRP	28
2.1.1.2 Yeso de Fraguado.....	29
2.1.1.3 Planchas de cartón.....	29
2.1.2 Equipos.....	29
2.1.2.1 Balanza electrónica	29
2.1.2.2 Taladro eléctrico.....	30
2.1.2.3 Amoladora.....	30
2.1.2.4 Trituradora.....	31
2.1.2.5 Molino	31

2.1.2.6 Horno de secado.....	32
2.1.2.7 Máquina universal de ensayos	32
2.1.2.8 Equipo de ensayo de resistencia térmica.....	33
2.2 Métodos.....	34
2.2.1 Modalidad de Investigación	34
2.2.1.1 Bibliográfica.....	34
2.2.1.2 Experimental	34
2.2.1.3 Descriptivo	34
2.2.2 Nivel de investigación.....	34
2.2.2.1 Exploratorio.....	34
2.2.2.2 Correlacional	35
2.3 Población y muestra	35
2.3.1 Población.....	35
2.3.2 Muestra.....	35
2.4 Operacionalización de Variables.....	36
2.4.1 Variable Independiente	36
2.4.2 Variable dependiente.....	37
2.5 Plan de recolección de la información	38
3. CAPÍTULO III.....	39
3.1 Plan de procesamiento y análisis de resultados.....	39
3.2 Análisis de los parámetros de conformado de los paneles de Gypsum con agregado de GFRP	40
3.2.1 Preparación de los residuos de GFRP	40
3.2.2 Preparación del yeso de fraguado	41
3.3 Determinación de los parámetros de diseño del molde.....	42
3.4 Determinación de la fracción volumétrica de yeso y residuos de GFRP.....	43
3.4.1.1 Cálculo para la fracción volumétrica de agregado de GFRP en probetas de 9.5 mm de espesor.....	43
3.4.1.2 Cálculo para la fracción volumétrica de agregado de GFRP en probetas de 12.5 mm de espesor.....	47
3.4.1.3 Cálculo para la fracción volumétrica de agregado de GFRP en probetas de 15 mm de espesor.....	51
3.5 Obtención de las probetas	55

3.5.1 Tipo de estratificación.....	55
3.5.2 Elaboración de las probetas.....	56
3.5.3 Corte de probetas para ensayos mecánicos	60
3.6 Caracterización mecánica de los paneles de gypsum con agregado de GFRP triturado.....	64
3.6.1 Ensayo de Flexión combinación de material compuesto.....	65
3.6.2 Ensayo de Dureza.....	69
3.6.3 Ensayo de Resistencia Térmica.....	74
3.6.4 Análisis de resultados de los ensayos preliminares.....	77
3.7 Verificación de la hipótesis.....	79
4. CAPÍTULO IV.....	81
4.1 Descripción	81
4.2 Objetivos	81
4.2.1 Objetivo General	81
4.2.2 Objetivos Específicos.....	81
4.3 Análisis de factibilidad.....	82
4.4 Fundamentación	82
4.5 Desarrollo.....	82
4.5.1 Hoja de proceso.....	83
4.5.1.1 Fraguado del gypsum	85
4.5.1.2 Tiempo para el fraguado	85
4.5.1.3 Tiempo de fraguado final	85
4.6 Análisis económico del proyecto	86
4.6.1 Costos de materia prima.....	86
4.6.2 Costos de mano de obra	86
4.6.3 Costos por maquinaria y equipos	87
4.6.4 Costo total	88
5. CAPÍTULO V.....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1 Conclusiones	89
5.2 Recomendaciones.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Configuración básica de un material compuesto.....	6
Figura 2: Presentaciones de la fibra de vidrio. a) Roving, b) Mat, c) Tejido.....	6
Figura 3: Proceso de laminación manual	11
Figura 4: Molde abierto.....	13
Figura 5: Esquema estructura tipo Sanduche	14
Figura 6: Transferencia de calor en la estructura tipo sándwich.....	14
Figura 7: Laminado de material compuesto.....	15
Figura 8: Proceso de fibrado canastilla de bus.....	16
Figura 9: Factores del confort térmico	17
Figura 10: Señales y síntomas de ataque por calor y agotamiento por calor	17
Figura 11: Estructura soporte cielo raso.....	19
Figura 12: Flujo de calor por convección	21
Figura 13: Configuración de carga a flexión en tres puntos utilizada.....	23
Figura 14: Ensayo de flexión en polímeros	24
Figura 15: Probeta ensayo a flexión	25
Figura 16: Ensayo de dureza	26
Figura 17: Ensayo de resistencia térmica.....	26
Figura 18: Residuos de material compuesto con matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio	28
Figura 19: Yeso de fraguado	29
Figura 20: Balanza electrónica.....	30
Figura 21: Taladro eléctrico	30
Figura 22: Amoladora	31
Figura 23: Trituradora de plástico.....	31
Figura 24: Molino de plástico	32
Figura 25: Horno para secar probetas	32
Figura 26: Máquina para ensayos a flexión	33
Figura 27: Máquina ensayo de resistencia térmica	33
Figura 28: Diagrama de flujo de la investigación	38
Figura 29: a) Residuo de GFRP, b) Triturado de GFRP	40
Figura 30: a) Volumen de agua inicial, b) Peso de residuos, c) Volumen final.....	40

Figura 31: a) Peso del yeso, b) Volumen de agua, c) Yeso sólido.....	41
Figura 32: Diseño del molde mediante software CAD	42
Figura 33: Molde fabricado en madera	43
Figura 34: Medidas Probeta de gypsum con 9.5mm de espesor	44
Figura 35: Probeta con espesor 12.5 mm.....	48
Figura 36: Probeta 15mm.....	51
Figura 37: Molde estratificado	56
Figura 38: Probetas para ensayo a flexión con diferentes espesores	61
Figura 39: Probetas para ensayo de dureza	62
Figura 40: Probetas para ensayo térmico	64
Figura 41: probeta elaborada código 25B	69
Figura 42: Resultados de los ensayos realizados a flexión	77
Figura 43: Resultados de los ensayos realizados en dureza.....	77
Figura 44: Mejores combinaciones ensayo conductividad	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades mecánicas de la fibra de vidrio	7
Tabla 2: Propiedades mecánicas de la resina poliéster	8
Tabla 3: Propiedades de coremat con resina poliéster	10
Tabla 4: Valores de coeficiente de transferencia de calor	22
Tabla 5: Dimensiones de las probetas.....	29
Tabla 6: Combinaciones para elaboración de probetas.....	36
Tabla 7: Probetas de gypsum comercial.....	36
Tabla 8: Variable independiente	37
Tabla 9: Variable dependiente	37
Tabla 10: Diagrama de análisis y resultados.....	39
Tabla 11: Fracciones volumétricas del yeso y GFRP	43
Tabla 12: Elaboración de las probetas	54
Tabla 13: Estratificación por compresión	55
Tabla 14: Obtención de probetas gypsum y GFRP	56
Tabla 15: Probetas según normativa	60
Tabla 16: Corte de probetas para flexión.....	60
Tabla 17: Probetas para ensayo de dureza	62
Tabla 18: Probetas de gypsum	63
Tabla 19: Probetas para ensayo de resistencia térmica	63
Tabla 20: Resultados probetas a flexión grupo 1	65
Tabla 21: Resultados probetas a flexión grupo 1	66
Tabla 22: Resultados probetas a flexión grupo 2	67
Tabla 23: Resultados probetas a flexión grupo 3	68
Tabla 24: Resultados probetas dureza grupo 1	70
Tabla 25: Resultados probetas dureza grupo 2	71
Tabla 26: Resultados probetas dureza grupo 3	72
Tabla 27: Resultados probetas dureza material comercial	73
Tabla 28: Resultados probetas conductividad térmica grupo 1	74
Tabla 29: Resultados probetas conductividad térmica grupo 2	75
Tabla 30: Resultados probetas conductividad térmica grupo 3	76
Tabla 31: Mejores resultados obtenidos.....	78

Tabla 32: Hoja de procesos	84
Tabla 33: Costo de materia prima para la fabricación de 81 paneles de gypsum con GFRP.....	86
Tabla 34: Costo de mano de obra para la fabricación de cielos rasos con GFRP	87
Tabla 35: Costo de mano de obra para la fabricación de cielos rasos con GFRP.....	87
Tabla 36: Costo total para la fabricación de los paneles de cielo raso con GFRP....	88

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación desarrolla el proceso tecnológico para la fabricación de un aislante térmico obtenido de la combinación de gypsum con residuos triturados de material compuesto de matriz con resina poliéster reforzado con fibra de vidrio (GFRP) para la fabricación de paneles de cielo raso, se determinan las propiedades mecánicas y térmicas, como: flexión, dureza y conductividad térmica, parámetros que se evaluaron de la obtención de las configuraciones volumétricas analizadas. De los ensayos se determinó que el mejor comportamiento mecánico y térmico de material compuesto fue al 50 por ciento de gypsum y 50 por ciento de residuos de GFRP con espesor de 9-10 mm con una resistencia a la flexión de 10-12 MPa, dureza superficial determinada con una huella de 13 mm y conductividad térmica de 0,11 W/m K, además se determinó que la presencia de residuos de GFRP reduce el peso del cielo raso en un 60 por ciento así como el costo de fabricación, con lo cual se concluye que el material compuesto mejoró sus propiedades mecánicas con respecto a los paneles de gypsum existentes en el mercado.

Descriptores: Material compuesto, Flexión, Dureza, Conductividad térmica, Fracción volumétrica, gypsum, GFRP

ABSTRACT

The present investigation develops the technological process for the manufacture of a thermal insulator obtained from the combination of gypsum with crushed waste of a material with glass fiber reinforced polymer (GFRP) for the manufacture of ceiling panels, the mechanical and thermal properties of flexure, hardness and thermal conductivity were evaluated of each volumetric configurations analyzed. From the tests, it was determined that the best mechanical and thermal behavior of the composite material was 50 percent gypsum and 50 percent GFRP with a thickness of 9.5 mm with a flexural strength of 10.93 MPa, surface hardness with a footprint of 13mm and thermal conductivity of 0.11 W / m K., also the presence of GFRP residues reduces the weight of the ceiling by 60 percent as well as the manufacturing cost. In conclusion, composite material of gypsum with GFRP waste improved the mechanical properties compared to existing gypsum panels.

Descriptors: Composite material, Flexure, Superficial Hardness, Thermal Conductivity, Volume Fraction, Gypsum, GFRP

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Los polímeros reforzados con fibra (FRP) son materiales compuestos elaborados en base a una resina y reforzados con fibra cuyas proporciones dependen del proceso de fabricación y de su aplicación en los diferentes campos de la industria. El uso de FRP ha tenido un progresivo aumento en la última década debido a sus múltiples ventajas sobre otros materiales tradicionales siendo el sector aeronáutico, automotriz, marítimo y de la construcción sus principales consumidores [1], [2].

La fibra de vidrio es la opción más utilizada como refuerzo de materiales compuestos constituyendo alrededor del 95% del total de fibras usadas a nivel mundial, las resinas plásticas termoendurecibles son la opción principal en la fabricación de materiales compuestos, sin embargo, dichas propiedades hacen que los materiales con ésta composición tengan muy baja degradabilidad y no sean reciclables y que tampoco puedan ser descompuestos [1], [3], [4].

El proceso de corte en la etapa final de elaboración de las piezas de material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio (GFRP) genera residuos inservibles que son dispuestos en vertederos y representan un alto grado de contaminación ambiental, debido a que son considerados como desechos peligrosos [5]. Por las propiedades corrosivas, inflamables y nocivas que posee la resina y el catalizador utilizado en la mezcla durante la preparación del FRP, las cuales pueden provocar quemaduras, irritación y a su vez son nocivos para los organismos que se encuentren a sus alrededores [6]. Por estas razones se requiere de tratamiento con gestores ambientales que utilizan la incineración como método para la reducción de desechos pero su alto poder calorífico y sus emisiones tóxicas hacen que sea más costoso quemar estos materiales y a su vez constituye elevados costos para las empresas que necesiten desapropiarse de estos residuos [1], [2], [4], [7].

Por lo tanto, la idea de reutilizar los residuos de GFRP para mitigar los problemas ambientales y económicos a los que se enfrenta ha dado lugar a varias investigaciones en las cuales se lo ha usado como aditivo para la mejora de materiales de la construcción, refuerzo de polímeros inorgánicos, y aislante térmico en el sector armamentista [7].

Un estudio publicado en la revista *Cleaner Production* utilizó los residuos de fibra de vidrio provenientes de la producción de palas de turbinas eólicas como agente de refuerzo en la producción de polímeros inorgánicos (geopolímeros) y determinó que el uso de fibras cortas distribuidas al azar mejora significativamente la resistencia a la compresión de geopolímeros hasta un 162% y la resistencia de tracción un 77% [2].

La investigación realizada por Brazao expresa que la incorporación de GFRP en morteros es una solución viable para la reutilización de estos residuos debido a que mejoran la trabajabilidad de los morteros, redujeron su densidad aparente y redujeron la absorción de agua en más del 80% [1].

Otra investigación publicada en la revista *Construction and building materials* tuvo como objetivo utilizar residuos de GFRP en la producción de adobe, de esta manera, la adición de 10% de residuos de GFRP mostró mejores resultados en comparación con el adobe sin aditivos obteniéndose una menor contracción del material, reducción de la conductividad térmica, reducción de pérdida de masa cuando se sumerge en agua y aumento de la resistencia a la compresión [3].

El artículo publicado en la revista *Resources Conservation and Recycling* revisó estudios sobre el reciclaje de compuestos reforzados con fibras de carbono CFRC y GFRP a través de procesos de pirólisis y destacó sus técnicas, desafíos y posibilidades de reutilización en compuestos de alto rendimiento [7].

Así también, las investigaciones realizadas por Jiang y Mahmoud expresan que el polvo de los residuos de vidrio es un material cementoso eco-suplementario innovador y prometedor. Más allá de eso, demostró que el uso de este material es potencialmente beneficioso como precursor en geopolímero y adecuado para la fabricación de

cementos ecológicos, áridos ligeros artificiales debido a que mejoró la resistencia a la flexión de estos materiales [8], [9].

En el ámbito térmico existe una investigación realizada en torno al sector armamentista en la cual utiliza el GFRP como aislante térmico para los lanzadores de rieles electromagnéticos teniendo como resultado excelentes propiedades térmicas, aunque el material compuesto sufre de constantes fracturas que afectan la vida útil del sistema de lanzamiento electromagnético [10]

De las investigaciones revisadas se puede concluir que se han hecho varios intentos por reutilizar los residuos de GFRP en diferentes campos de la industria, el campo de la construcción el de enfoque principal, sin embargo, por las propiedades aislantes del material compuesto se considera continuar con las investigaciones en este ámbito.

En el Ecuador, los desechos de GFRP son producidos en su mayoría por las empresas carroceras y empresas dedicadas a la fabricación de partes y piezas, tomando como ejemplo la empresa Carrocerías Varma S.A. con una capacidad instalada para 20 unidades produce mensualmente una tonelada de desechos de GFRP los cuales son tratados mediante gestores ambientales [11], [12] certificados por el Ministerio de Ambiente [5].

Los aislantes térmicos más utilizados en el Ecuador son la lana de vidrio, la espuma de poliuretano cuyo nivel de degradación al igual que el GFRP es muy bajo y su nivel de contaminación es elevado, por lo cual se ve reflejada la necesidad de reutilizar los desechos de GFRP aprovechando sus cualidades para la formación de un aislante térmico con características y propiedades que compitan con las existentes en el mercado [13], [14].

1.2 Justificación

Los trabajos realizados por varios investigadores a nivel mundial exponen que los residuos de GFRP constituyen un problema ambiental y a la vez económico para el cual se ha expuesto varias alternativas de solución, sin embargo, en el Ecuador no se

aplica ningún método para reciclar el residuo del GFRP, constituyendo la incineración por parte de los gestores ambientales el único método de eliminación de residuos, por lo cual se ratifica la importancia del reciclaje de los materiales compuestos especialmente del GFRP el cual es muy utilizado en el Ecuador por gran variedad de industrias entre las cuales destacan las navales, carroceras y fabricación de piezas [14].

De esta manera, el presente trabajo constituye un aporte teórico sobre metodologías innovadoras para el reciclaje de materiales compuestos y su reutilización en la fabricación de aislantes térmicos con características y propiedades que compitan con las existentes en el mercado que serán de gran utilidad para diferentes industrias incluyendo las mismas empresas generadoras de residuos.

Finalmente, al concluir el presente trabajo de investigación se dispondrá de un material con propiedades aislantes, el cual ha sido fabricado en base a una metodología de reutilización de residuos de GFRP con lo cual reduce la contaminación medioambiental provocada por el exceso de residuos almacenados en vertederos y los gases tóxicos emanados a la atmósfera por la incineración de residuos y reduciendo también los altos costos por tratamiento mediante gestores ambientales [14].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar el proceso de manufactura de un aislante térmico basado en la reutilización de residuos de GFRP.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de investigaciones efectuadas en los residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio (GFRP) y el reciclaje de materiales compuestos.

- Realizar un diseño de experimentos para obtener las diferentes combinaciones del gypsum con la adición de residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio (GFRP) triturado.
- Determinar las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión, dureza superficial y resistencia térmica de los paneles de gypsum a fabricarse mediante la combinación de yeso y residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio (GFRP) triturado.
- Diseñar el proceso de manufactura para la elaboración de gypsum como un aislante térmico.

1.4 Hipótesis

La tecnología de fabricación para la elaboración de gypsum mediante la mezcla de yeso con residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio (GFRP) triturado, generará un material con propiedades mecánicas aislantes para aplicaciones en la industria de la construcción.

1.5 Fundamentación teórica

1.5.1 Materiales compuestos

El material compuesto hace referencia a la unión de diferentes materiales individuales que juntos presentan propiedades diferentes a las ofrecidas aisladamente. En estos materiales pueden identificarse dos elementos. El primero es llamado refuerzo que puede presentarse en forma de fibras o partículas; y el segundo, hace referencia a la matriz que permite la adhesión de dichos refuerzos [15].

Un material compuesto es básicamente un sistema de materiales formado por dos o más fases distintas, cuya combinación proporciona propiedades que son diferentes y mejores a las de sus constituyentes. En la Figura 1 se ilustra la configuración básica de un material compuesto reforzado con fibras[16].

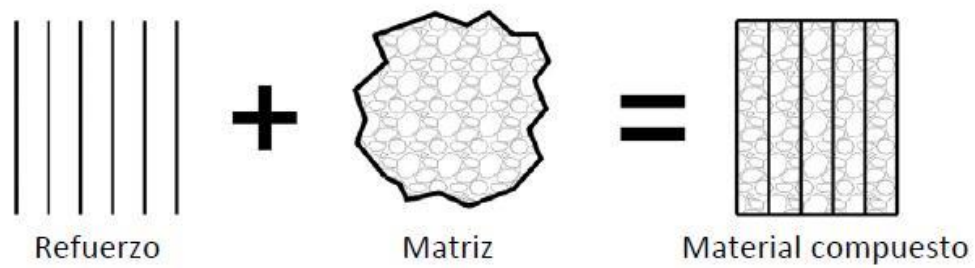


Figura 1: Configuración básica de un material compuesto [16].

1.5.1.1 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos basados en dióxido de silicio (SiO_2) extremadamente finos. La fibra de vidrio se conoce comúnmente como un material aislante. También se usa como un agente de refuerzo con muchos productos poliméricos [16].

La fibra de vidrio útil para el tejido tiene como base el compuesto sílice, SiO_2 . En su forma pura el dióxido de silicio se comporta como polímero $(\text{SiO}_2)_n$. Es decir, no tiene un punto de fusión verdadero, pero se suaviza a $1200\text{ }^\circ\text{C}$, punto en el que comienza a descomponerse y a $1713\text{ }^\circ\text{C}$ la mayoría de las moléculas presentan libertad de movimiento. Si el vidrio ha sido extruido y enfriado de forma rápida desde esta temperatura, es imposible obtener una estructura ordenada en la Figura 2, se presenta los tipos de fibra de vidrio comercial más utilizados en la industria [16].

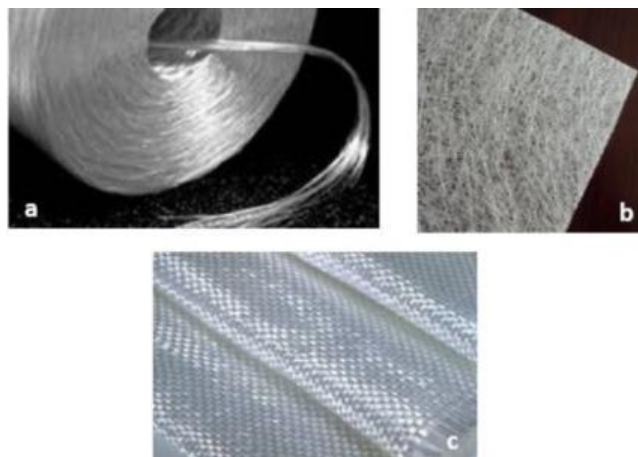


Figura 2: Presentaciones de la fibra de vidrio. a) Roving, b) Mat, c) Tejido [15]

Las fibras de vidrio son buenos aislantes térmicos debido a su alto índice de área superficial en relación al peso. Sin embargo, un área superficial incrementada la hace mucho más vulnerable al ataque químico. Los bloques de fibra de vidrio atrapan aire entre ellos, haciendo que la fibra de vidrio sea un buen aislante térmico ver Tabla 1 [17].

Tabla 1: Propiedades mecánicas de la fibra de vidrio [17]

Propiedades de la fibra de vidrio		
	Fibra de vidrio tipo S	Fibra de vidrio tipo E
Resistencia a la Tracción (Mpa)	45,81 M	34,45
Módulo de elasticidad (Gpa)	87	72,4
Elongación (%)	5,4	4,8
Densidad (Kg/m ³)	2460	2590
Conductividad Térmica W/(m.K)	0,05	0,05

1.5.1.2 Resina poliéster

Es el tipo de resina más utilizada debido a su buena relación calidad-precio, pueden combinarse con cualquier tipo de refuerzo y casi cualquier núcleo.

Las resinas de poliéster son líquidas a temperatura ambiente y pueden solidificarse por la adición de un acelerador y un catalizador. Las propiedades del poliéster solidificado dependen de la estructura de la resina, así como de las condiciones de curado. Sin embargo, es posible identificar algunas propiedades generales que pueden ser utilizadas como punto de referencia. En la Tabla 2 se presentan algunas de estas propiedades generales del poliéster [18].

Tabla 2: Propiedades mecánicas de la resina poliéster [18]

Propiedades de resina poliéster	
Densidad (Kg/ ³ m)	1100 - 1460
Esfuerzo de tensión (MPa)	40 - 90
Esfuerzo de fluencia (MPa)	60 - 160
Módulo de elasticidad a tensión (GPa)	2,0 - 4,4
Resistencia al impacto (J/m)	10,6 – 21,2
Máxima temperatura que resiste (°C)	177
Dureza Barcol	30 - 55
Viscosidad (Cp)	150-750

1.5.1.3 Curado

En este proceso se genera el cambio de estado o transformación del material, pasa de estado líquido a sólido, llamado también de polimerización o endurecimiento, se le conoce como exotérmico el cual desprende calor. En este proceso se debe adicionar agentes de curado estos son: catalizadores o aceleradores, que actúan mientras transcurre el tiempo. Se genera de forma gradual del estado líquido pasa a un estado gelatinoso conocido también como gel y finalmente ha estado sólido. Para las resinas poliéster el acelerador o acelerante se llama octato de cobalto mientras que el catalizador se denomina mek peróxido [19].

Los factores que intervienen en el proceso de curado son:

- Resina
- La mayor parte de resinas no curan a temperaturas inferiores a 16 ° C.
- El tipo de catalizador y cantidad a usar
- Humedad relativa entre el 40 y 54 %
- El exceso de exposición al sol
- El incremento de temperatura reduce el tiempo de gelificación del material
- Cuando el laminado tiene gran espesor, disminuye el tiempo de gelificación [19].

1.5.1.4 Mek peróxido

Es un agente oxidante que reacciona de manera violenta con aceleradores, sales de metal pesados, ácidos, bases, al contaminarse puede causar auto ignición, generar gran cantidad de gases incluso llegar a explotar y arder. Al utilizar este compuesto se debe utilizar elementos de protección personal [20].

1.5.1.5 Moldes

El molde es una herramienta que sirve para dar forma a la pieza final [20]. Los objetivos del molde son los siguientes:

- Dar forma con la resina antes que comience la gelificación
- Evitar que queden zonas sin impregnación de material
- Evitar que se formen burbujas

Un molde no debe ser diseñado solo para dar forma a la pieza, sino también es necesario considerar otros aspectos entre los cuales tenemos el curado, desmoldeo, permeabilidad, entradas de aire, salidas de inyección, etc [20].

1.5.1.6 Gel coat

El gel coat es la primera capa que se aplica al molde preparado, y constituye el acabado de una de las superficies del laminado, proporcionándole protección contra productos químicos, la intemperie o la humedad. El top coat es un producto similar al gel coat, pero contiene parafinas y por ello endurece fácilmente en contacto con el aire. Normalmente constituye la última capa del laminado de una pieza [21].

Químicamente, tanto gel coats como top coats son resinas de poliéster, normalmente isoftálicas, con pigmentos y aditivos en suspensión. Si bien el uso del gel coat es opcional y el color final de la pieza se puede conseguir por otros métodos (pintado, coloración en masa de la resina, etc.), es evidente que debe ser utilizado de acuerdo a las especificaciones de la pieza esas características son [21].

- Calidad y estabilidad de color
- Resistencia a la intemperie
- Resistencia al agua
- Resistencia al calor
- Resistencia a la abrasión
- Ausencia de porosidad superficial
- Alto brillo, permanente en el tiempo
- Resistencia a los productos químicos

1.5.1.7 Coremat

Es una materia tipo tela y está compuesta de fibras de poliéster con 50% de microesferas, dichas esferas tienen 40 micrones de diámetro, las esferas al estar sometidas a presión se comportan como microbalones de goma, dando características adicionales a los laminados como flexibilidad superior, resisten a los químicos y a la temperatura, resistencia a los impactos, reduce el peso, se incrementa el aislamiento térmico, se consiguen laminados con un buen acabado superficial. Se consigue que la relación rigidez/peso sea de 200 a 300% mayor comparado que los laminados convencionales. Además es compatible con resinas como: epóxicas, poliéster, vinil ésteres, con procedimientos de moldeo manual las propiedades mecánicas del coremat se indican en la Tabla 3 [21].

Tabla 3: Propiedades de coremat con resina poliéster [21].

Coremat impregnado con resina poliéster	
Módulo de tracción (Mpa)	600
Módulo de compresión (Mpa)	200
Resistencia al corte (Mpa)	4,1
Resistencia a la flexión (Mpa)	8,5
Resistencia a la tracción (Mpa)	3,8
Resistencia a la compresión (Mpa)	22
Módulo de flexión (Mpa)	900
Módulo de corte (Mpa)	68

1.5.2 Tipos de moldes

1.5.2.1 Moldeo manual o Hand lay-up

El moldeo manual, también llamada hand lay-up, es la técnica más simple y antigua para la obtención de materiales compuestos de matriz termoestable como se indica en la Figura 3 [22].

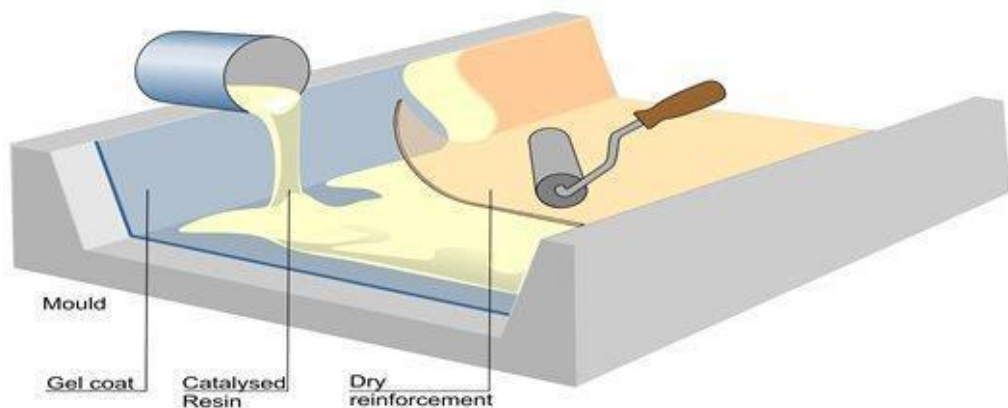


Figura 3: Proceso de laminación manual[22]

Las etapas del proceso de estratificación manual son [22].

- Se adiciona al molde un agente de desmoldeo para poder retirar con facilidad la pieza final.
- Posteriormente el gelcoat es aplicado con una pistola de aspersión o de forma manual con el empleo de un rodillo.
- Cuando el gelcoat ha curado parcialmente, se colocan capas del material de refuerzo y se deposita la resina catalizada sobre cada capa de refuerzo.
- Se pasa un rodillo para permitir que el refuerzo se impregne del polímero y con el objetivo de eliminar el aire atrapado [22].
- Se deja curar la pieza a temperatura ambiente.
- El tiempo de curado depende del sistema catalítico empleado y de la cantidad de iniciador y catalizador utilizada.
- Finalmente se retira la pieza del molde.

1.5.2.2 Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Se pueden producir productos grandes y complejos.
- Proceso relativamente sencillo la inversión en equipos es mínima, así como el costo.
- Se pueden utilizar una amplia gama de materiales.
- El tiempo de espera de arranque y el coste no son elevados.
- Los cambios de diseño se ejecutan fácilmente.
- Los injertos dentro del molde y los refuerzos estructurales son posibles.
- Las construcciones tipo sándwich son posibles con este sistema.
- Los trabajadores que se requieren son semi-cualificados.
- Productos con mayor contenido de fibra y fibras más largas que con el método de moldeo por esperado [22].

Desventajas:

- La calidad depende en gran medida de las habilidades del moldeador (contenido de fibra, espesor uniforme en toda la extensión de la pieza, etc., lo que determina las propiedades finales de la pieza).
- Las piezas tienen una sola cara lisa que reproduce la superficie del molde.
- La proporción de fibras que se puede incorporar es limitada.
- Ciclos excesivamente largos Salud y consideraciones de seguridad: las resinas de peso molecular más bajo utilizadas tienen el potencial de ser más dañinos que los productos de mayor peso molecular y también tienen una mayor tendencia a penetrar la ropa.
- Concentraciones en el aire de estireno (muy dañino) requiere sistemas de extracción costosos. Las resinas deben ser de baja viscosidad para ser utilizadas en el moldeo manual [22].

1.5.2.3 Molde abierto

La característica que distingue a este proceso es que utiliza una única superficie de molde ya sea este positivo o negativo para producir estructuras laminares en fibras de

refuerzo, este proceso también es conocido como moldeo por contacto o laminación por contacto. Los materiales como las fibras y las resinas se aplican en un molde por capas hasta obtener un espesor deseado [23].

Además la ventaja de utilizar moldes abiertos es el costo ya que es necesario solo una parte del molde puede ser macho o hembra, pero su inconveniente es que la superficie que está en contacto con el molde sale con un buen acabado superficial mientras que otro lado queda rugoso, para dar forma a partes en molde abierto tenemos una clasificación entre las que destacan la aplicación manual y de moldeo por bolsa de vacío como se muestra en la Figura 4 [23].

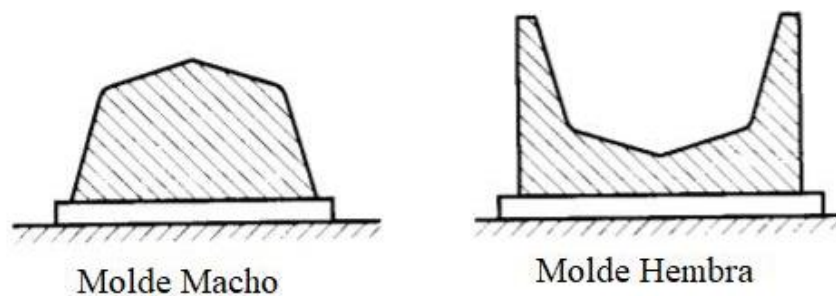


Figura 4: Molde abierto [23]

1.5.2.4 Moldeo por bolsa de vacío

Denominado también como técnica de (vacuum bagging), este proceso se utiliza normalmente para compuestos que deben tener un alto rendimiento, los compuestos deben tener una relación fibra - resina bastante precisa, después que las fibras se humedecen con resina se cortan de la forma requerida y se colocan en el molde abierto, entonces se coloca la bolsa de vacío sobre los materiales compuestos todavía no curados. Después se elimina el aire y se utiliza la presión atmosférica para darle forma al laminado con el fin de eliminar el aire y el exceso de resina, es una técnica utilizada para conseguir piezas de muy buena resistencia [23].

1.5.2.5 Aislante tipo sándwich

Debido a la importancia de este tipo de materiales en las industrias aeroespacial, de construcción, etc., se les concede, en este texto, un tratamiento más detallado. Las

primeras estructuras de materiales compuestos fueron tipo "sándwich", y se obtenían ensamblando por pegado (o soldadura) dos láminas delgadas y de alta resistencia, denominadas pieles, y una placa gruesa de material ligero, denominada núcleo, de bajas características mecánicas. Esquemáticamente, se muestra la configuración de este tipo de materiales en la Figura 5, [24].

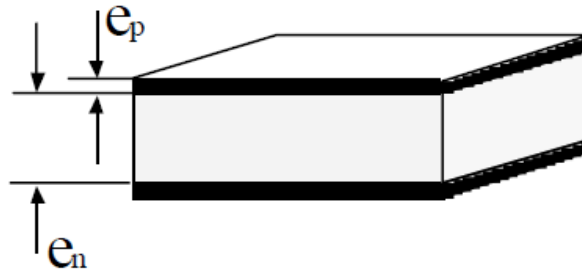


Figura 5: Esquema estructura tipo Sanduche [24]

1.5.2.6 Aislamiento térmico

La capacidad aislante de los materiales tipo sándwich de materiales compuestos es elevada para ello es necesario recordar la ley de básica de propagación del calor por conducción a través de una pared compuesta de área A. Llamando Q al flujo de calor por unidad de tiempo, T1 y T2 las temperaturas en las caras de pared, ei, a los espesores de cada pared y ki a los respectivos coeficientes de conductividad térmica como indica la Figura 6 [24].

Donde :

ei = espesores de pared

ki coeficientes de conductividad térmica

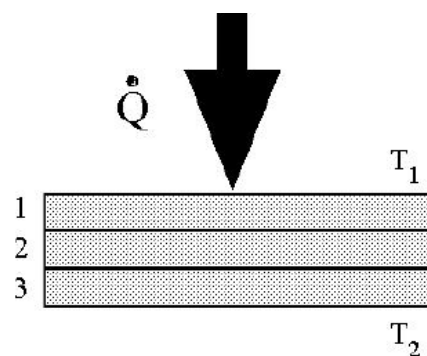


Figura 6: Transferencia de calor en la estructura tipo sándwich [24]

1.5.2.7 Laminados

Los laminados se forman a partir de apilar láminas de material compuesto es decir una capa de resina de un espesor mínimo y reforzada con fibra de vidrio para este proceso existen dos tipos de láminas: de cinta y de tejido que forman diferentes tipos de laminados una de las principales características de las láminas de cinta es que todas las fibras se encuentran orientadas en una dirección y que presentan una isotropía transversal (mismas propiedades en direcciones perpendiculares a la fibra como indica la Figura 7 [25]).

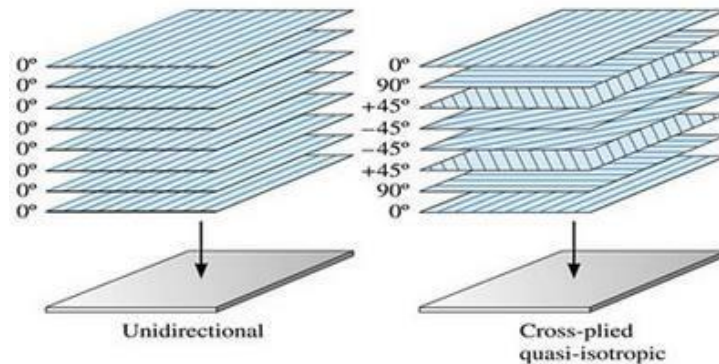


Figura 7: Laminado de material compuesto [25]

1.5.3 Reciclado desperdicios de material compuesto

1.5.3.1 Residuos de GFRP

Los residuos de GFRP que se utilizarán en el presente proyecto provienen de la industria automotriz, sector carrocero originados durante el proceso de corte de las partes y piezas elaboradas y contienen 2 componentes: resina, fibra de vidrio.

La resina tiene una excelente humectabilidad e impregnación en la fibra de vidrio, con una temperatura óptima de funcionamiento de 20 a 30°C, las propiedades de la resina incluyen una viscosidad de 330 a 350 centipoise (Cps), módulo de elasticidad de 2.2 y 2.8 GPa en tracción y flexión respectivamente, una resistencia máxima de 40.2 y 84.2 MPa en tracción y flexión respectivamente. La fibra de vidrio se origina en dos fuentes:

una manta de hilos y filamentos picados en la Figura 8 se presenta el proceso de fibrado de una canastilla de bus [25].



Figura 8: Proceso de fibrado canastilla de bus

En investigaciones previas se analizó el residuo de GFRP por medio de difracción de rayos X y se determinó que era un material amorfo compuesto por 70.16% de fibras de vidrio y 29.84% de resina poliéster. La densidad aparente del material compuesto es de 588.5 (kg/m^3) [25].

1.5.4 Problemas en la vivienda originados por el calor

El confort térmico que los seres humanos experimentan en las viviendas se debe al balance de sensaciones entre el entorno y el ser humano, esta comodidad es afectada por las condiciones del medio ambiente. En este caso el calor condiciona el estado de comodidad de las personas, afectando la temperatura de la persona, como de la propia vivienda. A mayor calor, las personas necesitan soluciones para lograr el confort con el entorno que les rodea [26].

El calor se caracteriza dependiendo las condiciones dentro y fuera de la vivienda. Entre los factores se menciona la cantidad de temperatura máxima del ambiente, la posición del sol y la parte afectada a la hora de máxima radiación solar; y depende de los materiales constituyentes de la vivienda en la Figura 9 se presenta los factores del confort térmico [26].

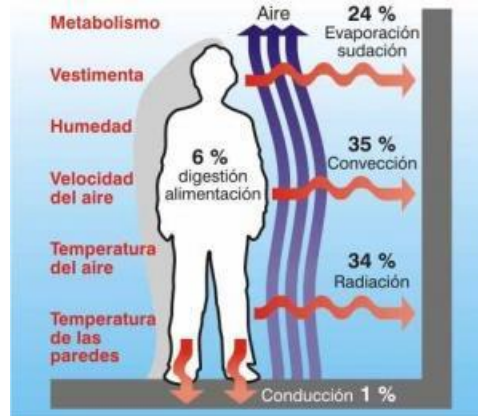


Figura 9: Factores del confort térmico [26]

1.5.4.1 Estrés térmico

El estrés térmico, independientemente de si es moderado o severo se manifiesta en el cuerpo humano como señales de alerta, situación que conduce a poner en marcha mecanismos de termorregulación como defensa para eliminarlos. Dichas manifestaciones son agotamiento, decaimiento, dolor de cabeza, malestar, disminución de la capacidad de concentración y mal humor [26]. Existen mecanismos que consisten en la distribución homogénea del calor y la dispersión del mismo por diferentes sistemas como el de convección y el de irradiación que distribuyen mejor el calor y lo acumulan en las piedras de acabado del sistema, las cuales transmiten al cuerpo humano todas las propiedades de la piedra natural, al mismo tiempo que ofrecen la sensación de bienestar de la misma naturaleza en la Figura 10 se presenta señales de afectación por calor [26].

Signos y síntomas del Golpe de Calor y de agotamiento por calor

Golpe de calor

1. Piel seca y caliente
2. Muy alta temperatura corporal



Agotamiento por calor

1. Piel fría, húmeda y pegajosa
2. Temperatura normal u subnormal

Figura 10: Señales y síntomas de ataque por calor y agotamiento por calor [27]

1.5.5 Campo de aplicación

En la actualidad se ha extendido el uso de materiales compuestos formados por resinas poliéster poliméricas o plásticas reforzados con fibra de vidrio, carbono o aramida su utilización comenzó en la aeronáutica hoy en día se aplica en varios campos de la industria automotriz, naval y de la construcción debido a su buena resistencia y buenas cualidades que presentan estos materiales, por esta razón se propone que el material obtenido de los residuos de los procesos de producción se utilicen como un aislante térmico que servirá como material aditivo en la fabricación de paneles de gypsum utilizados en la construcción, y que presente buenas características y su peso debe ser reducido en comparación con paneles que se encuentran en el mercado nacional [28].

1.5.5.1 Placa de yeso laminado o Gypsum

Las placas de yeso laminado o paneles de gypsum están formadas por un alma de yeso embutido entre dos láminas delgadas de cartón para la elaboración de placas rectangulares y lisas. Las superficies de cartón pueden variar en función del uso de cada panel de gypsum, y el alma puede contener aditivos que le confieran propiedades adicionales. La composición de los paneles de gypsum las hacen adecuadas para mantener un correcto aislamiento térmico y acústico en los interiores de construcciones de viviendas u oficinas [28].

Las placas de yeso laminado o paneles de gypsum se pueden fijar mediante distintos sistemas como clavado, atornillado o pegado con adhesivo a base de yeso o con otros adhesivos. También pueden incorporarse a un sistema de cielo raso o falso techo suspendido [28].

1.5.5.2 Tipos de placas de yeso laminado o gypsum

- Placa de yeso laminado de tipo A: Placa base de yeso laminado en cuyas caras se puede aplicar un enlucido o acabados decorativos
- Placa de yeso laminado tipo H: placa de yeso laminado con capacidad de absorción de agua reducida

- Placa de yeso laminado de Tipo E: placa de yeso para exteriores
- Placa de yeso laminado de Tipo F: placa de yeso laminado con la cohesión del alma mejorada a altas temperaturas
- Placa de yeso laminado de Tipo P: Placas que poseen una cara preparada para recibir enlucido de yeso
- Placa de yeso laminado de tipo D: Placa de yeso laminado con densidad controlada
- Placa de yeso laminado de Tipo R: placa de yeso laminado con resistencia mejorada
- Placa de yeso laminado de tipo I: placa de yeso laminado con dureza superficial mejorada o de alta dureza [28].

1.5.5.3 Estructura de soporte

Los sistemas de gypsum utilizan un sistema de suspensión a un entramado instalado y así enlazar los esfuerzos a las estructuras existentes en la Figura 11 se indica el proceso de armado del cielo falso [29].

Algunos de estos elementos de fijación se mencionan a continuación:

- Sistema de suspensión
- Conectores
- Fijaciones
- Anclajes mecánicos y químicos

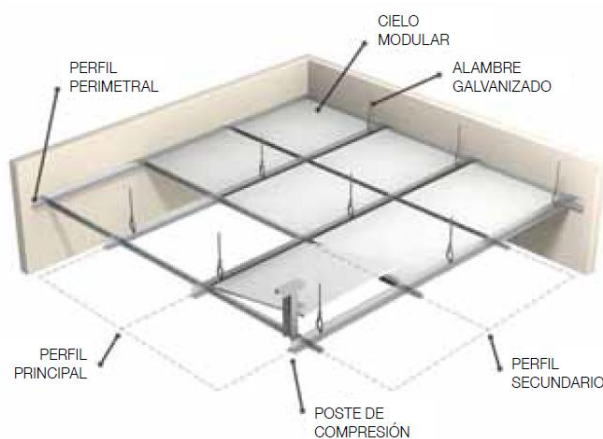


Figura 11: Estructura soporte cielo raso [29]

1.5.5.4 Sistemas de Gypsum como aislantes térmicos

Las condiciones térmicas de una habitación no solo afectan a la calidad del confort de una persona, sino que involucran de igual manera temas como lo económico. Es de esta forma que si se desea controlar el flujo de calor es necesario hacer inversiones que hagan la construcción eficiente de tal manera que se logre el objetivo de las características energéticas [30].

Sistemas de gypsum en techos y paredes pueden proveer como objetivo principal un aislamiento térmico, de modo que se pueda lograr un equilibrio térmico, estabilizando el flujo de calor, y así acondicionar el ambiente habitacional. De esta forma se puede analizar que un material responderá ante la presencia de diversas temperaturas de forma distinta. Es por eso que se describen algunos conceptos relacionados con el calor en el material [30].

1.5.5.5 Conductividad térmica

Su base es la energía transmitida en unidades de watts (W), que afecta una unidad de área por una unidad de temperatura. Se utiliza un sistema absoluto como el Kelvin ($W/m * K$). Un buen aislante térmico posee un coeficiente de conductividad térmica $\lambda < 0,060 W/m * K$ [31].

1.5.6 Convección térmica

La convección es un modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos [31].

Cuanto más rápido es el movimiento del fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de la velocidad

de transferencia como se indica en la Figura 12 la transferencia de calor por convección [31].

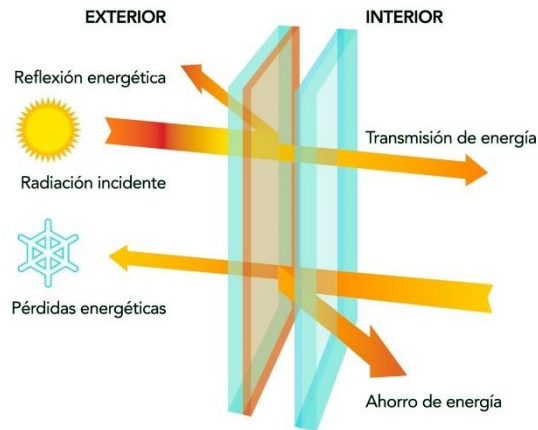


Figura 12: Flujo de calor por convección [32]

Al considerar el enfriamiento de un bloque caliente al soplar aire frío sobre su superficie superior. La energía se transfiere primero a la capa de aire adyacente al bloque, por conducción. Posteriormente esta energía es transportada alejándola de la superficie, por convección; es decir, por los efectos combinados de la conducción dentro del aire, que se debe al movimiento aleatorio de las moléculas de éste, y por el movimiento masivo o macroscópico de ese aire que remueve el aire calentado cercano a la superficie y lo reemplaza por otro más frío [31].

La convección recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Por otro lado, se dice que es convección natural (o libre) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por diferencia de densidades debidas a la variación de temperatura en ese fluido [31].

Por ejemplo, en ausencia de un ventilador, la transferencia de calor del bloque caliente será por convección natural, ya que, en este caso, cualquier movimiento en el aire se deberá a la elevación del aire más caliente (y, por lo tanto, más liviano) cercano a la superficie y la caída del más frío (y, por lo tanto, más pesado) para llenar su lugar [31].

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa por la ley de Newton del enfriamiento como:

$$Q_{conv} = h_A(T_s - T_{fluido}) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$h = [W/m^2]$ Es el coeficiente de transferencia de calor por convección.

A = Es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor.

T_s = Es la temperatura de la superficie.

T_{fluido} = Es la temperatura del fluido suficientemente alejada de esta superficie.

El coeficiente h no es una propiedad del fluido. Es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables que influyen sobre la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo. En la Tabla 4 se dan valores típicos para h [31].

Tabla 4: Valores de coeficiente de transferencia de calor [33]

Medio de transferencia	Coeficiente de transferencia de calor h ($W/m^2.K$)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor super calentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000

1.5.7 Resistencia de materiales

La resistencia de materiales es una rama de la mecánica aplicada que trata del comportamiento de los cuerpos sólidos sometidos a varios tipos de carga. El objetivo

principal de la resistencia de materiales consiste en determinar las tensiones, deformaciones y desplazamientos en estructuras y sus componentes debido a las cargas que actúan sobre ellas. Los análisis teóricos y los resultados experimentales desempeñan papeles igualmente importantes en la resistencia de materiales. A menudo usamos teorías para obtener fórmulas y ecuaciones que predicen el comportamiento mecánico.

En la presente investigación se va a elaborar paneles de gypsum con aditivo de residuos de GFRP en el alma para determinar su capacidad como aislante térmico para lo cual se basará en la normativa NTE INEN -EN 520 “Placa de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo”, la misma que propone la ejecución de ensayos mecánicos de resistencia al esfuerzo cortante, resistencia a la flexión, resistencia al fuego, resistencia al impacto, permeabilidad al vapor de agua, permeabilidad al aire, absorción acústica, dureza superficial y resistencia térmica.

Para la presente investigación se ha considerado realizar los ensayos de resistencia a la flexión, resistencia térmica y dureza superficial debido a que son los experimentos necesarios para determinar las características específicas del producto.

1.5.7.1 Ensayo de flexión

El ensayo de flexión determina la rigidez a la flexión y propiedades de resistencia, las propiedades a flexión pueden variar dependiendo de la superficie de la probeta, pues ningún laminado es perfectamente simétrico como se muestra en la Figura 13.

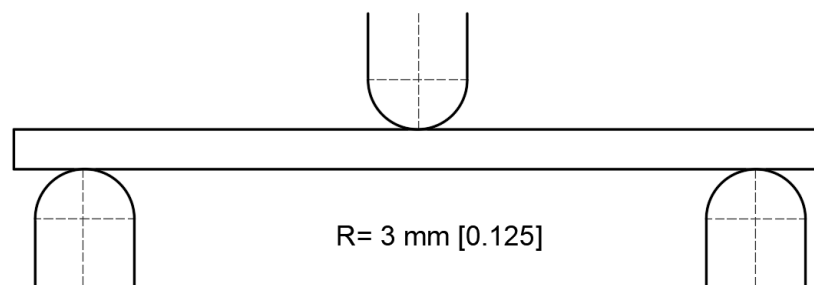


Figura 13: Configuración de carga a flexión en tres puntos utilizada [34]

Las propiedades a flexión también pueden variar de acuerdo al espesor de la probeta, condiciones ambientales o de ensayo (ASTM D7264/D7264M-07). en el que se ejecuten las pruebas, velocidad de la aplicación de esfuerzo. El ensayo de flexión de la fibra se realizará bajo las especificaciones de la norma. El procedimiento corresponde a un sistema de carga en tres puntos utilizando una carga central en una viga con apoyos simples como se indica en la Figura 14 [34].

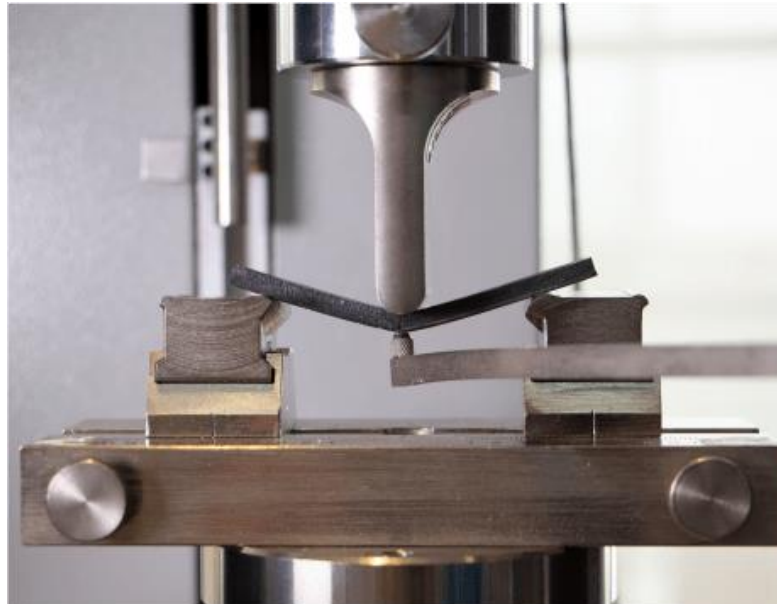


Figura 14: Ensayo de flexión en polímeros [34]

La resistencia a la flexión en las placas de yeso laminado se debe cuantificar mediante su carga de rotura a la flexión del material [28].

Las probetas para el ensayo de flexión de placas de yeso laminado deben ser de 400mm x 300mm cortadas de paneles de mayor medida en sentido longitudinal y transversal según como se muestra en la Figura 15 y se deben someter a una carga controlada incrementada progresivamente hasta la rotura mediante un equipo de ensayos de flexión debe tener una precisión del 2%, y debe ser capaz de aplicar la carga a una velocidad de (250 ± 125) N/min según lo especificado en la normativa NTE INEN -EN 520 [28].

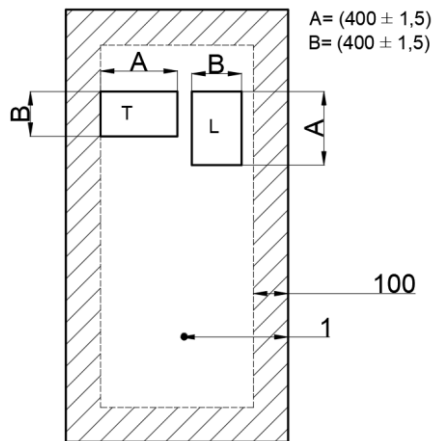


Figura 15: Probeta ensayo a flexión [28]

1.5.7.2 Ensayo de dureza

El ensayo de dureza permite determinar la resistencia de un material a la deformación superficial permanente mediante la penetración de otro material con mayor dureza. Para este ensayo se toma en cuenta el valor cuantitativo como resultado de la carga aplicada en el penetrador, el tiempo de carga y la duración de la penetración y finalmente la geometría del penetrador [28].

El ensayo de dureza superficial en las placas de yeso laminado determina la huella superficial causada por el impacto de una bola de acero de 50mm de diámetro y (510 ± 10) gr de masa en las probetas de 300mm x 400mm [28].

Para realizar el ensayo se coloca la probeta con la cara hacia arriba, sobre una mesa rígida y se cubre con papel carbón, se coloca la bola entre los anclajes del soporte a una distancia de (500 ± 5) mm desde la superficie de la probeta hasta la parte baja de la esfera, a continuación, se deja caer la bola sobre la placa, se retira el papel carbón y se determina el diámetro coloreado de la huella sobre la placa. Se debe tomar tres mediciones por cada probeta en la Figura 16 se presenta el esquema del ensayo [28].

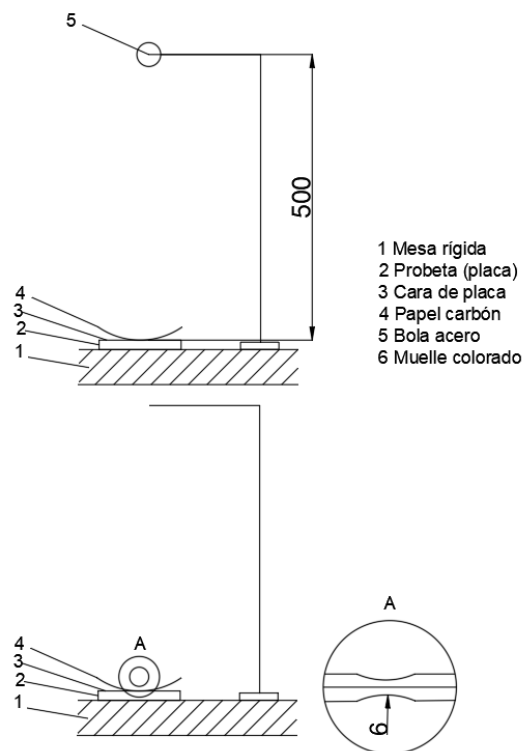


Figura 16: Ensayo de dureza [28]

1.5.7.3 Ensayo de resistencia térmica o conductividad térmica

El ensayo de conductividad térmica es una prueba física utilizada para determinar el coeficiente de conductividad térmica de los materiales de construcción. Este ensayo se lo realiza mediante el método de placa caliente resguardada, bajo las normativas EN 12667, EN 12664, ASTM C177, ISO 8302 como se indica en la Figura 17 [35].

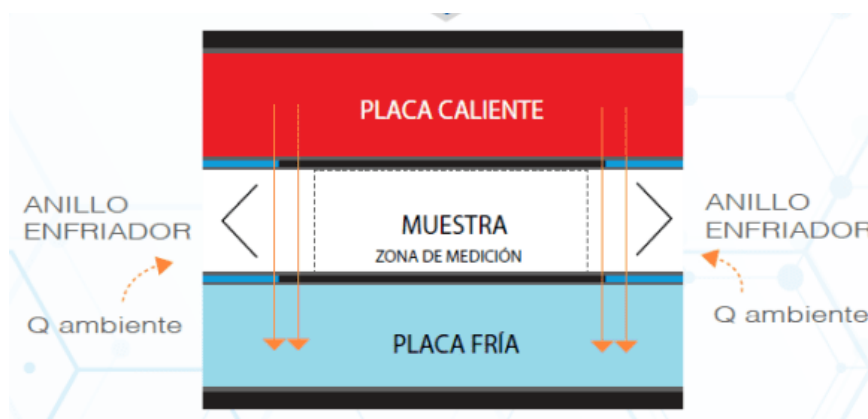


Figura 17: Ensayo de resistencia térmica[35]

Para el presente trabajo de investigación se utiliza la norma NTE INEN -EN 520 en la cual menciona que para los paneles de gypsum que tienen por objetivo contribuir a la resistencia térmica de paredes, techos, tabiques, etc., se debe determinar según lo especificado en la Norma EN 12664 [36].

La Norma EN 12664 no especifica el número de probetas que se debe ensayar, por lo cual el número de muestras deberá depender del diseño de experimentos ejecutado en cada investigación. Las medidas óptimas para las probetas son de 500 mm de ancho y 500 mm de longitud con un espesor mínimo de 12 mm hasta 100 mm [36].

El método de la placa caliente guardada consiste en generar calor mediante una placa y atravesarlo por el material de ensayo, tanto la placa como la probeta deben ser aisladas térmicamente garantizando así que casi la totalidad del calor generado por la placa caliente sea conducida al material a caracterizar [36].

Los resultados del ensayo se determinan mediante el gradiente de temperatura entre la placa caliente y la placa fría mediante los cuales se puede calcular el coeficiente de conductividad térmica del material de ensayo [36].

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

2.1.1 Materiales

2.1.1.1 Residuos de GFRP

En la presente investigación se utilizará residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio resultado del corte de bordes de partes y piezas elaboradas para el sector carrocerero del Ecuador. Los residuos han sido recolectados de las siguientes empresas:

- Carrocerías Varma S.A.
- Master Fibra

Los residuos de GFRP recolectados presentan diferentes formas y tamaños, así como también diferentes espesores, como se muestra en la Figura 18.



Figura 18: Residuos de material compuesto con matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio

2.1.1.2 Yeso de Fraguado

El yeso de fraguado es un mineral formado por sulfato de calcio dihidratado, cuya fórmula química es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. La presentación del material es en polvo ultra refinado de color blanco. En la presente investigación se utiliza el yeso fraguado del proveedor Loyola – Minerales industriales, ver Figura 19.



Figura 19: Yeso de fraguado

2.1.1.3 Planchas de cartón

Para la fabricación de las probetas de gypsum se utilizarán planchas de cartón de $250\text{gr}/\text{m}^2$, las cuales serán cortadas según las dimensiones de las probetas, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Dimensiones de las probetas

Tipo de Ensayo	Dimensión
Flexión	300mm x 400mm
Dureza	300mm x 400mm
Resistencia Térmica	500mm x 500mm

2.1.2 Equipos

2.1.2.1 Balanza electrónica

Para la determinación de las cantidades exactas necesarias para la elaboración de los paneles de gypsum se utiliza una balanza electrónica la cual permite medir las

cantidades en gramos de residuos de GFRP (30%, 40%, 50%) y yeso de fraguado para cada probeta en la Figura 20 se muestra la balanza para pesar las cantidades necesarias para cada fracción volumétrica.



Figura 20: Balanza electrónica

2.1.2.2 Taladro eléctrico

El proceso de mezcla del yeso de fraguado se lo realiza con la ayuda de un taladro eléctrico en el cual se utilizó una varilla mezcladora del mortero en la siguiente Figura 21 se muestra el taladro eléctrico.



Figura 21: Taladro eléctrico

2.1.2.3 Amoladora

El proceso de corte de probetas se realiza con una amoladora angular de 11000 rpm modelo Black & Decker C720 y con un disco de corte de filo de diamante como indica la Figura 22.



Figura 22: Amoladora

2.1.2.4 Trituradora

El proceso de trituración de los residuos de GFRP se realiza mediante la máquina trituradora de plástico modelo VMGL 3280 perteneciente a la empresa de reciclaje Gallegos de la ciudad de Ambato, la cual posee una boca de entrada de 750 x 500 mm, 20 cuchillas de 40 mm de espesor y cuenta con un potencia de motor de 15 KW en la Figura 23 se muestra el modelo de la trituradora.

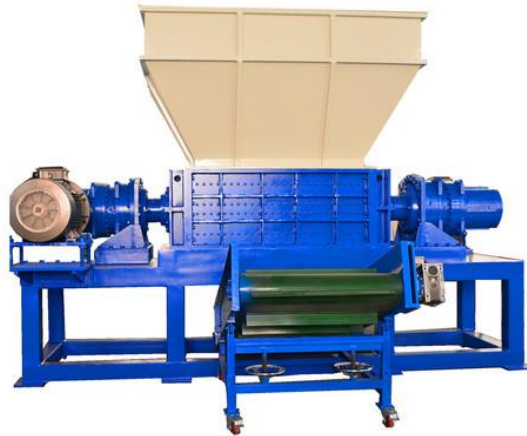


Figura 23: Trituradora de plástico

2.1.2.5 Molino

El molino utilizado en la presente investigación corresponde al modelo VMPC -300 perteneciente a la empresa de reciclaje Gallegos de la ciudad de Ambato, la cual posee una potencia de 5.5Kw / 7.5 HP, 9 cuchillas rotativas y 2 cuchillas fijas en la Figura 24 se presenta la máquina utilizada.



Figura 24: Molino de plástico

2.1.2.6 Horno de secado

Para el proceso de secado de probetas se utilizó el horno rotativo de convección a gas H-10 touch del proveedor INOXFORNI, fabricado en acero inoxidable AISI 430 N4 perteneciente a la escuela de gastronomía Lescoffier. Este horno cuenta con un gancho superior que soporta hasta 100 kg y posee una capacidad de 10 bandejas, panel de control para manipulación de temperatura, tiempo, vapor, iluminación y giro de las bandejas de cocción como se muestra en la Figura 25.



Figura 25: Horno para secar probetas

2.1.2.7 Máquina universal de ensayos

Este equipo es utilizado para realizar los ensayos a flexión para materiales de construcción, para la presente investigación se utilizará bajo la normativa NTE INEN

-EN 520 para ensayar las probetas de gypsum. La Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato posee este tipo de equipo como se indica en la Figura 26.



Figura 26: Máquina para ensayos a flexión

2.1.2.8 Equipo de ensayo de resistencia térmica

La determinación del coeficiente de resistencia térmica del gypsum con agregado de residuos de GFRP se realiza mediante el equipo de placa caliente resguardada del Laboratorio de Ensayos Térmicos y eficiencia Energética de la Escuela Politécnica del Litoral mostrado en la Figura 27.



Figura 27: Máquina ensayo de resistencia térmica

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de Investigación

2.2.1.1 Bibliográfica

Para la presente investigación se utiliza la investigación bibliográfica de libros, tesis, artículos científicos y normas técnicas nacionales e internaciones que establecen parámetros para la caracterización y obtención del material compuesto.

2.2.1.2 Experimental

También se aplica la investigación experimental debido a que se manipulan variables para las diferentes combinaciones en la fabricación de paneles de gypsum determinando los porcentajes del triturado de los residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y de yeso con el propósito de obtener un material compuesto con óptimas propiedades para su aplicación en el sector de la construcción.

2.2.1.3 Descriptivo

La presente investigación permite determinar las propiedades mecánicas de las combinaciones del producto elaborado con gypsum y agregados de GFRP las cuales se obtienen como resultado de los ensayos de flexión, dureza y resistencia térmica, describiendo así las características del producto, lo que permitirá a su vez comparar sus propiedades con los paneles de gypsum comerciales.

2.2.2 Nivel de investigación

2.2.2.1 Exploratorio

Un nivel exploratorio de la presente investigación permitirá analizar la capacidad aislante de los residuos de GFRP como agregado en el alma de los paneles de yeso

laminado o gypsum que ha sido poco estudiado, para lograr establecer la influencia que poseen las variables independientes en el grado de resistencia térmica del material.

2.2.2.2 Correlacional

El propósito fundamental de la investigación es examinar la relación existente entre las variables dependiente e independiente mediante la manipulación de sus niveles (porcentaje de agregado de GFRP y espesor del gypsum) y demostrar a su vez la influencia en el resultado de la capacidad aislante de los residuos de GFRP en la fabricación de placas de yeso laminado.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Mediante la presente investigación se desarrolla un nuevo material para utilizar en la industria de la construcción, con propiedades de resistencia térmica mejorada comparada con los paneles de gypsum comerciales mediante el agregado de residuos de GFRP triturado proveniente de industrias automotrices.

2.3.2 Muestra

Para el desarrollo del material se realiza tres configuraciones volumétricas con agregado de residuos de GFRP al 30% - 40% - 50%, además se toma el espesor de los paneles de gypsum como la segunda variable a controlar teniendo así los espesores de 9,5 mm – 12,5 mm – 15 mm, los cuales según la normativa NTE INEN -EN 520 son los espesores nominales de mayor uso comercial en la industria de la construcción. Para la determinación de las propiedades mecánicas del material elaborado con las diferentes configuraciones y espesores se someterá a ensayos de flexión, dureza y resistencia térmica realizándose 3 réplicas de cada ensayo, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Combinaciones para elaboración de probetas

#	% de GFRP triturado (30% - 40% - 50%)	Espesor de la probeta (9,5mm - 12,5mm - 15mm)	Probetas para ensayos mecánicos		
			Flexión	Dureza	Resistencia Térmica
1	30%	9,5 mm	3	3	3
2	30%	12,5 mm	3	3	3
3	30%	15 mm	3	3	3
4	40%	9,5 mm	3	3	3
5	40%	12,5 mm	3	3	3
6	40%	15 mm	3	3	3
7	50%	9,5 mm	3	3	3
8	50%	12,5 mm	3	3	3
9	50%	15 mm	3	3	3
		Número total de probetas	27	27	27

Debido a que no se encontró estudios previos de la caracterización de la dureza superficial del gypsum se procede a analizar 3 probetas cortadas de planchas de gypsum comerciales adquiridas en la distribuidora de materiales de construcción “Akabados” de la ciudad de Ambato ver Tabla 7.

Tabla 7: Probetas de gypsum comercial

#	Tipo de material	Espesor de la probeta	Número de probetas	Dimensiones (mm)
1	100% gypsum (yeso - cartón)	12,5 mm	3	300 x 400

2.4 Operacionalización de Variables

2.4.1 Variable Independiente

Proceso de manufactura basado en residuos de GFRP

Tabla 8: Variable independiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Índice	Técnicas
Fabricación de un material aislante térmico mediante la utilización de residuos de GFRP y otros aditivos.	Dimensiones	Espesor de probeta	9,5 mm 12,5 mm 15 mm	Instrumentos de medida NTE INEN -EN 520
	Adición de residuos	Porcentaje de Residuos de GFRP	30% 40% 50%	Instrumentos de medida

2.4.2 Variable dependiente

Material con propiedades mecánicas aislantes

Tabla 9: Variable dependiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Índice	Técnicas
Material usado en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. La acción y efecto de su aplicación se conoce como aislamiento térmico, ya que establece una barrera al paso del calor entre dos medios, impidiendo que el calor traspase	Ensayos	Flexión	Carga de rotura	Experimento Normas NTE INEN - EN 520 Observación
		Dureza	Tamaño de huella	Experimento Normas NTE INEN - EN 520 Observación
		Resistencia térmica	Gradiente de temperatura	Experimento Normas NTE INEN - EN 520 Observación
	Geometría y atributos	Apariencia	Acabado superficial	Observación Diseño

2.5 Plan de recolección de la información

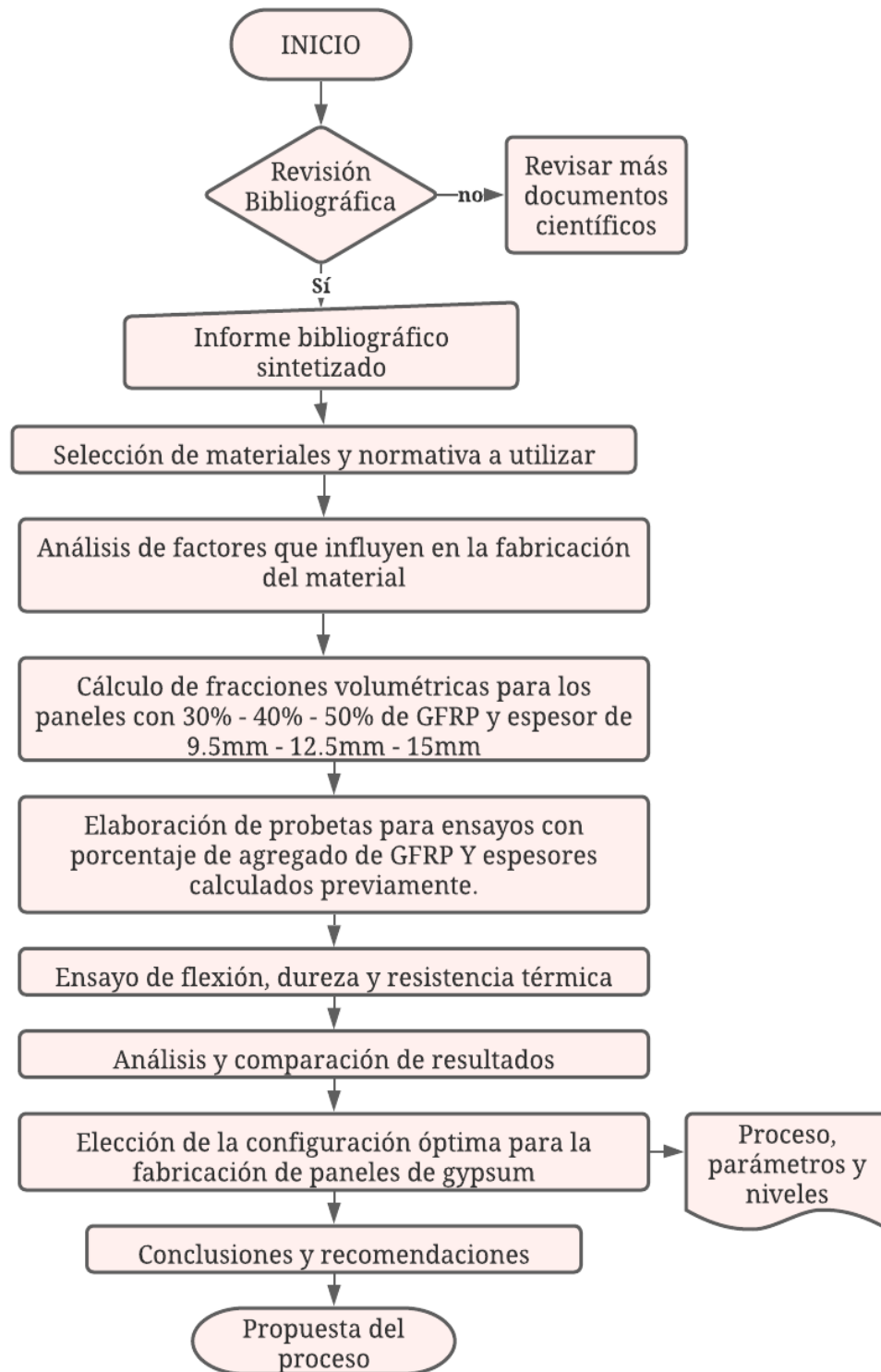


Figura 28: Diagrama de flujo de la investigación

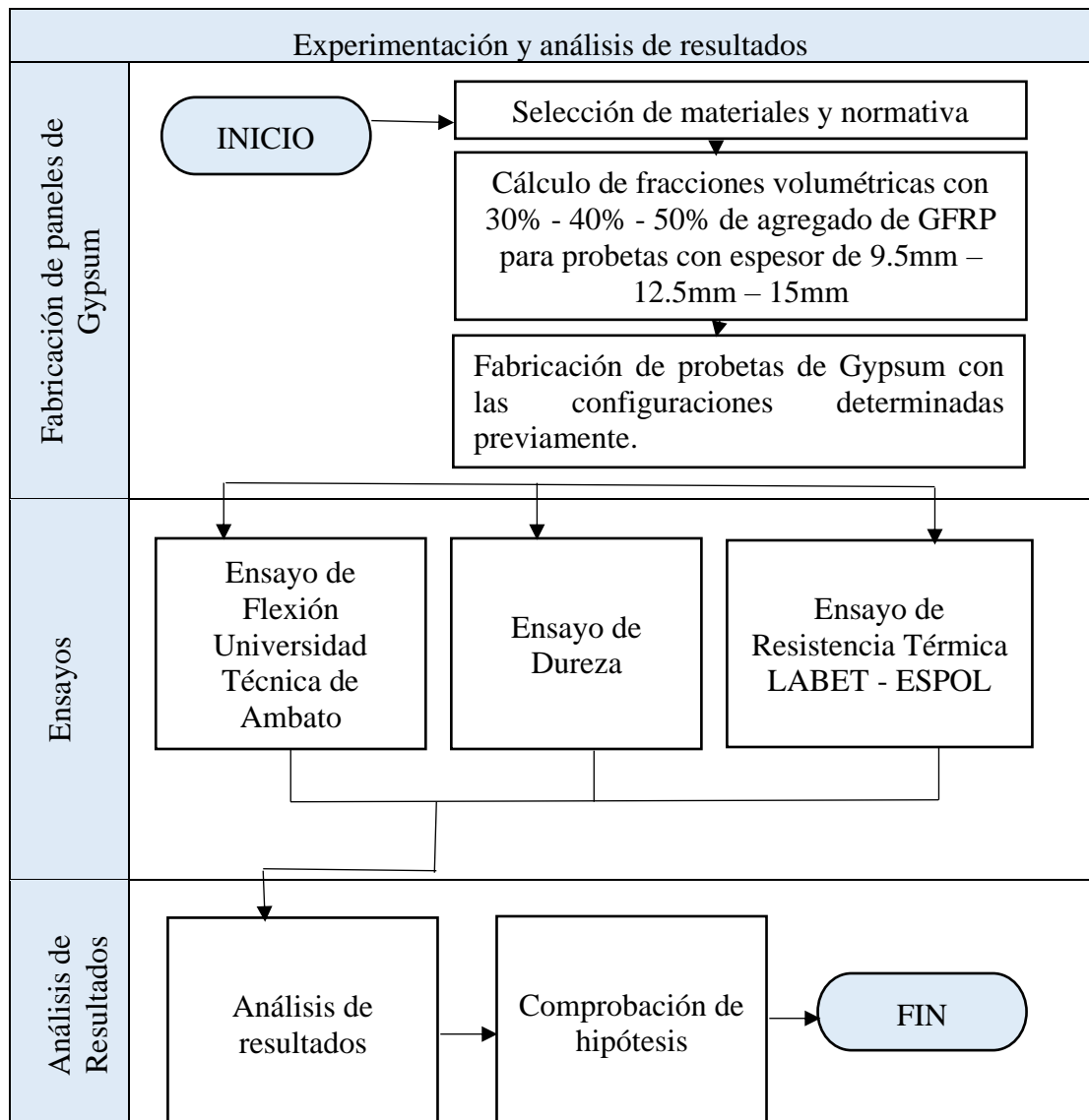
CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Plan de procesamiento y análisis de resultados

En el presente trabajo de investigación se desarrolla el siguiente flujograma de procesos y análisis de los resultados, en la Tabla 10 se indica el proceso a seguir.

Tabla 10: Diagrama de análisis y resultados



3.2 Análisis de los parámetros de conformado de los paneles de Gypsum con agregado de GFRP

3.2.1 Preparación de los residuos de GFRP

La fabricación de los paneles de gypsum inicia con el proceso de trituración de los residuos de GFRP recolectados. Se realiza 5 pasadas del material por la máquina trituradora hasta obtener pedazos de aproximadamente 50mm, y posteriormente se ingresa el material al molino para obtener partículas menores a 5 mm aproximadamente como se muestra en la Figura 29.



Figura 29: a) Residuo de GFRP, b) Triturado de GFRP

Una vez obtenidas las partículas de GFRP se procede a realizar el cálculo de la densidad de los residuos mediante proceso gravimétrico, se pesó una cantidad de residuos de GFRP y posteriormente se agrega agua para finalmente calcular el volumen final contenido en el envase y determinar su densidad ver Figura 30.

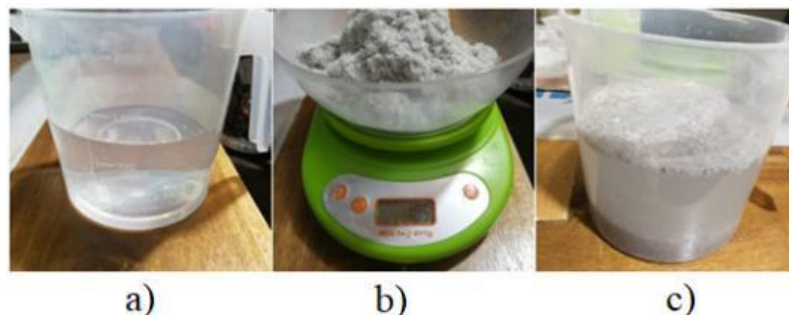


Figura 30: a) Volumen de agua inicial, b) Peso de residuos, c) Volumen final

El ensayo se lo realizó en la ciudad de Ambato a temperatura ambiente 20°C y humedad relativa de 60% obteniendo una densidad de $1.01 \frac{gr}{cm^3}$.

$$\rho_{GFRP} = \frac{m_{GFRP}}{\Delta V_{GFRP}} \left[\frac{gr}{cm^3} \right] \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

m_{GFRP} : masa de residuos de GFRP: 105 gr

V_{GFRP} : volumen inicial de agua: 1000 cm³

V_{GFRP} : volumen final de agua: 1350 cm³

ΔV_{GFRP} : variación de volumen: 350 cm³

Por lo tanto:

$$\rho_{GFRP} = \frac{105}{350} = 0.3 \left[\frac{gr}{cm^3} \right]$$

3.2.2 Preparación del yeso de fraguado

La preparación del yeso de fraguado se la realizó siguiendo la recomendación del fabricante Loyola – Minerales industriales, cuya dosificación es 1:2 (una parte de agua por cada dos partes de yeso).

La densidad del yeso de fraguado se determinó por proceso gravimétrico, previamente se obtuvo un cuerpo sólido de yeso curado durante 24 horas a temperatura ambiente 20°C y humedad relativa de 60% obteniendo una densidad de $1.74 \frac{gr}{cm^3}$ en la Figura 31 se presenta la preparación del fraguado de yeso.

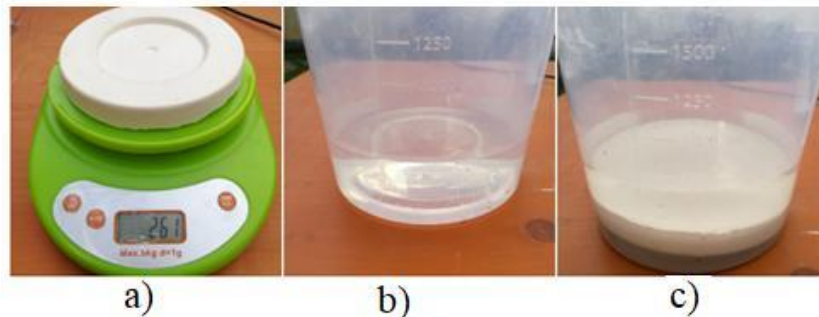


Figura 31: a) Peso del yeso, b) Volumen de agua, c) Yeso sólido

$$\rho_y = \frac{m_y}{\Delta V_y} \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right] \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

m_y : masa de yeso: 261 gr

V_o : volumen inicial de agua: 500 cm³

V_f : volumen final de agua: 650 cm³

ΔV_y : variación de volumen: 150 cm³

Por lo tanto:

$$\rho_y = \frac{261}{150} = 1,74 \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right]$$

3.3 Determinación de los parámetros de diseño del molde

La normativa NTE INEN - EN 520 “Placa de yeso laminado, definiciones, especificaciones y métodos de ensayo” expresa que para realizar los ensayos se debe cortar las probetas con dimensiones de 300mm x 400 mm de una placa de mayor tamaño, por lo cual las dimensiones del molde se consideraron de 600 mm x 500 mm. El diseño del molde se realizó con el software especializado con dos cavidades lo que permite la fabricación de dos probetas de gypsum, como se muestra en la Figura 32.



Figura 32: Diseño del molde mediante software CAD

El material utilizado para la fabricación del molde es madera, debido a su bajo costo, bajo peso y su fácil manejabilidad para montaje y desmontaje de partes en el proceso de desmoldeo, en la Figura 33 se presenta el molde construido.



Figura 33: Molde fabricado en madera

3.4 Determinación de la fracción volumétrica de yeso y residuos de GFRP

Para determinar las fracciones volumétricas correspondientes al yeso y a los residuos de GFRP que se utilizarán en la fabricación de las probetas con diferentes espesores se calcula para cada tipo de configuración, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Fracciones volumétricas del yeso y GFRP

#	Fracción Volumétrica de agregado de GFRP (30% - 40% - 50%)	Espesor de la probeta (9,5mm - 12,5mm - 15mm)
1	30%	9,5 mm
2	30%	12,5 mm
3	30%	15 mm
4	40%	9,5 mm
5	40%	12,5 mm
6	40%	15 mm
7	50%	9,5 mm
8	50%	12,5 mm
9	50%	15 mm

3.4.1.1 Cálculo para la fracción volumétrica de agregado de GFRP en probetas de 9.5 mm de espesor

Se establece el volumen necesario para la obtención de la probeta de gypsum, con las dimensiones del espacio de moldeado mostradas en la Figura 34 y las medidas son las siguientes:

- Largo: 600 mm = 60 cm
- Ancho: 500 mm = 50 cm
- Espesor: 9,5 mm = 0,95 cm

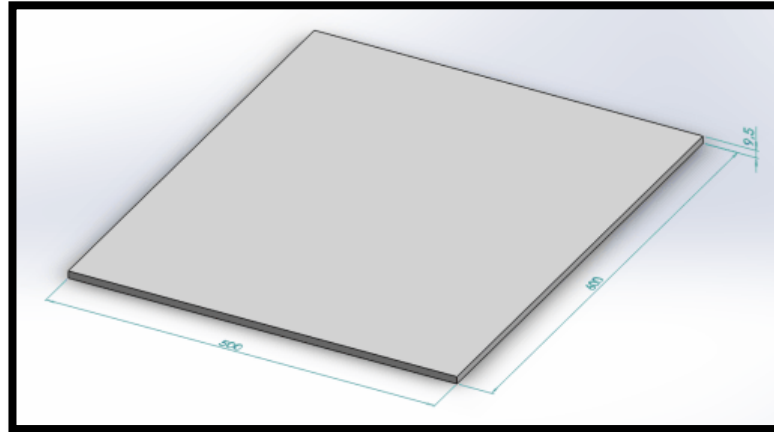


Figura 34: Medidas Probeta de gypsum con 9.5mm de espesor

- Cálculo del volumen

$$V_{\text{total}} = (60)(50)(0.95)$$

$$V_{\text{total}} = 2850 \text{ cm}^3$$

El material requerido para la fabricación de probetas con espesor de 9,5 mm ocupa un volumen total de 2850 cm³, a continuación, se muestra el cálculo de las fracciones volumétricas correspondientes al agregado de GFRP al 30% - 40% - 50%.

En todos los cálculos de fracciones volumétricas de la presente investigación se desprecia el volumen aportado por las planchas de cartón superior e inferior cuyo espesor es de 0.25 mm, suponiendo además que ese volumen sea compensado con las pérdidas mínimas generadas por el proceso de preparación de la mezcla y aplicación en el molde, considerando también la tolerancia de ±0.6 mm que expresa la normativa NTE INEN - EN 520 para la medición del espesor de las placas de yeso laminado o gypsum.

- **Agregado de GFRP al 30% para probetas de 9.5 mm de espesor**

Datos:

$$V_{\text{total}} = 2850 \text{ cm}^3$$

$$V_{GFRP} = 30\% \cdot V_{total}$$

$$V_{GFRP} = 30\% (2850 \text{ cm}^3)$$

$$V_{GFRP} = 855 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{total} - V_{GFRP}$$

$$V_y = 2850 - 855$$

$$V_y = 1995 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 9.5 mm el volumen de agregado de GFRP al 30% es de 855 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 1995 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra a continuación.

Datos:

$$\rho_{GFRP} = 0.3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_y = 1.74 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{GFRP} = \rho_{GFRP} \cdot V_{GFRP} \quad \text{Ec. 4}$$

$$m_{GFRP} = 0.3 \cdot (855)$$

$$m_{GFRP} = 256.5 \text{ gr} \sim 257 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1.74 (1995)$$

$$m_y = 3471.3 \text{ gr} \sim 3472 \text{ gr}$$

Donde:

V_{total} : Volumen total de la placa de gypsum

V_{GFRP} : Volumen del agregado de GFRP

V_y : Volumen del yeso

ρ_{GFRP} : Densidad del agregado de GFRP

ρ_y : Densidad del yeso

m_{GFRP} : Masa del agregado de GFRP

m_y : Masa del yeso

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 30% de 9,5 mm de espesor es de 257 gr y 3472 gr respectivamente,

- **Agregado de GFRP al 40% para probetas de 9.5 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 40\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 40\% (2850 \text{ cm}^3)$$

$$\mathbf{V_{\text{GFRP}} = 1140 \text{ cm}^3}$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 2850 - 1140$$

$$V_y = 1710 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 9.5 mm el volumen de agregado de GFRP al 40% es de 1140 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 1710 cm³. El cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido se expresa a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 \cdot (1140)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 342 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1.74 \cdot (1710)$$

$$m_y = 2975.4 \text{ gr} \sim 2976 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 40% de 9,5 mm de espesor es de 342 gr y 2976 gr respectivamente.

- **Agregado de GFRP al 50% para probetas de 9.5 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 50\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 50\% (2850 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 1425 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 2850 - 1425$$

$$V_y = 1425 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 9.5 mm el volumen de agregado de GFRP al 50% es de 1425 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 1425 cm³. El cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido se expresa a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 (1425)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 427.5 \text{ gr} \sim 428\text{gr}$$

$$m_y = \rho_y V_y$$

$$m_y = 1,74 (1425)$$

$$m_y = 2479.5 \text{ gr} \sim 2480\text{gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 50% de 9,5 mm de espesor es de 428 gr y 2480 gr respectivamente.

3.4.1.2 Cálculo para la fracción volumétrica de agregado de GFRP en probetas de 12.5 mm de espesor

Establecemos el espacio necesario para la obtención de la probeta de gypsum, con las dimensiones del espacio de moldeo mostradas en la Figura 35.

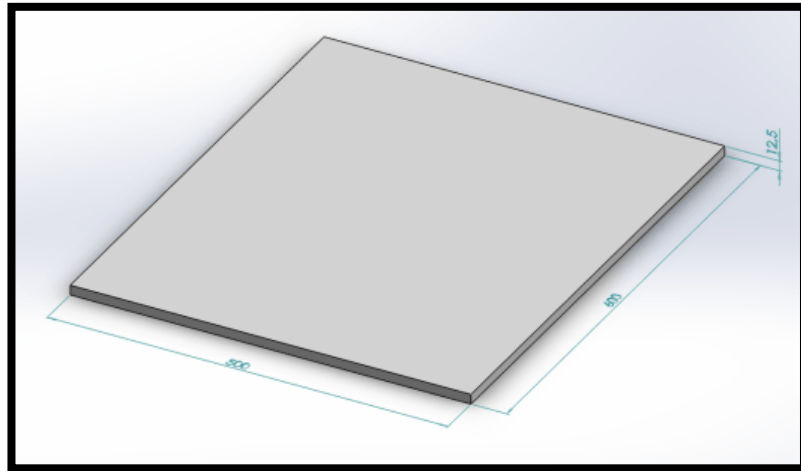


Figura 35: Probeta con espesor 12.5 mm

Datos:

- Largo: 600 mm = 60 cm
- Ancho: 500 mm = 50 cm
- Espesor: 12,5 mm = 1,25 cm

$$V_{\text{total}} = (60)(50)(1.25)$$

$$V_{\text{total}} = 3750 \text{ cm}^3$$

El material requerido para la fabricación de probetas con espesor de 12,5 mm ocupa un volumen total de 3750 cm^3 , a continuación, se muestra el cálculo de las fracciones volumétricas correspondientes al agregado de GFRP al 30% - 40% - 50%.

- **Agregado de GFRP al 30% para probetas de 12.5 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 30\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 30\% (3750 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 1125 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 3750 - 1125$$

$$V_y = 2625 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 12.5 mm el volumen de agregado de GFRP al 30% es de 1125 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 2625 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 \cdot (1125)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 337.5 \text{ gr} \sim 338 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1,74 \cdot (2625)$$

$$m_y = 4567.5 \text{ gr} \sim 4568 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 30% de 12,5 mm de espesor es de 338 gr y 4568 gr respectivamente.

- **Agregado de GFRP al 40% para probetas de 12.5 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 40\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 40\% (3750 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 1500 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 3750 - 1500$$

$$V_y = 2250 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 12.5 mm el volumen de agregado de GFRP al 40% es de 1500 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 2250 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 \cdot (1500)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 450 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1,74 \cdot (2250)$$

$$m_y = 3915 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 40% de 12,5 mm de espesor es de 450 gr y 3915 gr respectivamente.

- **Agregado de GFRP al 50% para probetas de 12.5 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 50\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 50\% (3750 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 1875 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 3750 - 1875$$

$$V_y = 1875 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 12.5 mm el volumen de agregado de GFRP al 50% es de 1875 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 1875 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 (1875)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 562.5 \text{ gr} \sim 563 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1,74 \cdot (1875)$$

$$m_y = 3262.5 \text{ gr} \sim 3263 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 50% de 12,5 mm de espesor es de 563 gr y 3263 gr respectivamente.

3.4.1.3 Cálculo para la fracción volumétrica de agregado de GFRP en probetas de 15 mm de espesor

El espacio necesario para la obtención de la probeta de gypsum, con las dimensiones del espacio de moldeo mostradas en la Figura 36.

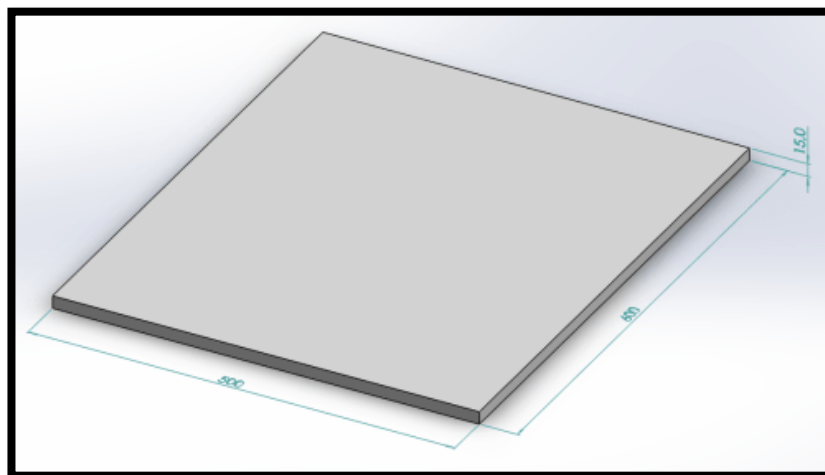


Figura 36: Probeta 15mm

Datos:

- Largo: 600 mm = 60 cm
- Ancho: 500 mm = 50 cm
- Espesor: 15 mm = 1,5 cm

$$V_{\text{total}} = (60)(50)(1.5)$$

$$V_{\text{total}} = 4500 \text{ cm}^3$$

El material requerido para la fabricación de probetas con espesor de 15 mm ocupa un volumen total de 4500 cm³, a continuación, se muestra el cálculo de las fracciones volumétricas correspondientes al agregado de GFRP al 30% - 40% - 50%.

- **Agregado de GFRP al 30% para probetas de 15 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 30\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 30\% (4500 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 1350 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 4500 - 1350$$

$$V_y = 3150 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 15 mm el volumen de agregado de GFRP al 30% es de 1350 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 3150 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 \cdot (1350)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 405 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1,74 \cdot (3150)$$

$$m_y = 5481 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 30% de 15 mm de espesor es de 405 gr y 5481 gr respectivamente.

- **Agregado de GFRP al 40% para probetas de 15 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 40\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 40\% (4500 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 1800 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 4500 - 1800$$

$$V_y = 2700 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 15 mm el volumen de agregado de GFRP al 40% es de 1800 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 2700 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 \cdot (1800)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 540 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1,74 \cdot (2700)$$

$$m_y = 4698 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 40% de 15 mm de espesor es de 540 gr y 4698 gr respectivamente.

- **Agregado de GFRP al 50% para probetas de 15 mm de espesor**

$$V_{\text{GFRP}} = 50\% \cdot V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{GFRP}} = 50\% (4500 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{GFRP}} = 2250 \text{ cm}^3$$

$$V_y = V_{\text{total}} - V_{\text{GFRP}}$$

$$V_y = 4500 - 2250$$

$$V_y = 2250 \text{ cm}^3$$

Para una probeta con dimensiones de 600 mm x 500 mm x 15 mm el volumen de agregado de GFRP al 50% es de 2250 cm³, y el volumen ocupado por el yeso es de 2250 cm³. Para determinar las cantidades necesarias de los materiales (agregado de GFRP y yeso) se realiza el cálculo de la masa correspondiente a cada volumen obtenido como se muestra a continuación.

$$m_{\text{GFRP}} = \rho_{\text{GFRP}} \cdot V_{\text{GFRP}}$$

$$m_{\text{GFRP}} = 0.3 \cdot (2250)$$

$$m_{\text{GFRP}} = 675 \text{ gr}$$

$$m_y = \rho_y \cdot V_y$$

$$m_y = 1,74 \cdot (2250)$$

$$m_y = 3915 \text{ gr}$$

La masa correspondiente al agregado de GFRP y yeso para una probeta con configuración al 50% de 15 mm de espesor es de 675 gr y 3915 gr respectivamente. Se presenta a continuación un resumen de la determinación del volumen y la cantidad de masa correspondientes al agregado de GFRP y el yeso calculado para cada configuración en la elaboración de probetas se indica en la Tabla 12.

Tabla 12: Elaboración de las probetas

Espesor de la probeta (mm)	% Residuos de GFRP (30-40-50)	Volumen de GFRP (cm³)	Volumen de yeso (cm³)	Masa de GFRP (gr)	Masa de yeso (gr)
9,5	30	855	1995	257	3472
	40	1140	1710	342	2976
	50	1425	1425	428	2480
12,5	30	1125	2625	338	4568
	40	1500	2250	450	3915
	50	1875	1875	563	3263
15	30	1350	3150	405	5481

Espesor de la probeta (mm)	% Residuos de GFRP (30-40-50)	Volumen de GFRP (cm³)	Volumen de yeso (cm³)	Masa de GFRP (gr)	Masa de yeso (gr)
	40	1800	2700	540	4698
	50	2250	2250	675	3915

3.5 Obtención de las probetas

3.5.1 Tipo de estratificación

Para la fabricación de las probetas se utiliza el proceso de estratificación a compresión debido a que el gypsum es un material tipo sándwich que contiene una capa de cartón en la cara superior e inferior y por lo tanto debe permanecer bajo compresión durante el proceso de fraguado para evitar la formación de pliegues y arrugas en el material superficial en la Tabla 13 se presentan las ventajas y limitaciones de la estratificación por compresión.

Tabla 13: Estratificación por compresión

Ventajas	Limitaciones
Baja Porosidad en el material	Generalmente limitado el tamaño de las piezas fabricadas
Evita la contaminación del material durante el proceso de fraguado (mezcla no expuesta al ambiente)	Costo elevado del molde, en comparación con molde de estratificación manual
Alta calidad superficial (evita pliegues y arrugas en el material superficial)	Probabilidad de aparecer zonas con impregnación defectuosa

En la Figura 37 se presenta el molde por estatificación para obtener las probetas del material compuesto.







Figura 37: Molde estratificado

3.5.2 Elaboración de las probetas




Para la elaboración de probetas mediante el proceso de estratificación a compresión se siguió un orden cronológico y consecutivo como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14: Obtención de probetas gypsum y GFRP

Obtención de probetas de gypsum con agregado de GFRP triturado			
#	Pasos	Detalles	Observaciones
1	Limpieza y aplicación de cera desmoldante	Se limpia la superficie del molde y de la tapa con guaípe y se aplica 2 capas de cera desmoldante, cada aplicación con un tiempo de espera de 2 a 3 minutos distribuyendo homogéneamente por todos los rincones	
2	Ponderación de la cantidad de yeso	Mediante una balanza electrónica, se pesa la cantidad de yeso en polvo necesario en función a la fracción volumétrica de la probeta a preparar.	

Obtención de probetas de gypsum con agregado de GFRP triturado			
#	Pasos	Detalles	Observaciones
3	Ponderación de la cantidad de yeso	Mediante una balanza electrónica, se pesa la cantidad de residuos de GFRP necesarios en función a la fracción volumétrica de la probeta a preparar.	
4	Ponderación de la cantidad de agua	Se determina la cantidad de agua necesaria para la preparación de la probeta en función de la dosificación 1:2 (una parte de agua por cada dos partes de materiales sólidos)	
5	Preparación de la mezcla	En un recipiente plástico profundo se agrega el yeso, los residuos de GFRP y el agua. Se incorpora los materiales con ayuda de una varilla mezcladora ajustada en un taladro eléctrico hasta obtener una lechada homogénea.	 

Obtención de probetas de gypsum con agregado de GFRP triturado			
#	Pasos	Detalles	Observaciones
6	Preparación del cartón	Se corta previamente dos planchas de cartón cuya área debe ser correspondiente a las medidas del molde. Se aplica una plancha de cartón sobre el molde.	
7	Moldeo	Rápidamente se vierte la lechada en el molde, distribuyéndolo por toda la superficie.	
8	Nivelado de la mezcla	Se aplica unos ligeros golpes en los costados del molde para generar vibraciones en la mezcla y liberar burbujas internas. Se nivela la superficie de la mezcla con una vara plana y recta.	
9	Aplicación del cartón superior	Rápidamente se aplica la plancha superior del cartón presionando ligeramente, expandiéndose por toda la superficie de la lechada.	

Obtención de probetas de gypsum con agregado de GFRP triturado			
#	Pasos	Detalles	Observaciones
10	Compresión de la probeta	Sellamos el molde con la tapa y colocamos una plancha de acero de 40 Kg. Dejamos secar la probeta por 15 minutos.	
11	Desmolde de la probeta	Transcurrido el tiempo de fraguado de la mezcla se procede a retirar el peso, la tapa y el marco del molde. Se empuja suavemente la probeta desde los costados y se levanta.	
12	Secado	Se introduce la probeta a un horno precalentado a 350°C durante 40 minutos, luego se retira y se deja enfriar progresivamente a temperatura ambiente.	
13	Corte de probetas para ensayos mecánicos	Una vez enfriadas las probetas se procede a cortar con una amoladora, de acuerdo al tamaño requerido para los ensayos de Flexión, Dureza y Resistencia Térmica.	

3.5.3 Corte de probetas para ensayos mecánicos

Posterior al proceso de secado y enfriado de las probetas se realizó el corte para los ensayos mecánicos de flexión, dureza y resistencia térmica. El proceso se realizó con una amoladora angular de 11000 rpm modelo Black & Decker C720 y con un disco de corte de filo de diamante.

Las dimensiones de las probetas correspondientes a cada ensayo se muestran en la Tabla 15 y se cortaron de acuerdo a la norma correspondiente en dimensiones y el requerimiento mínimo de probetas.

Tabla 15: Probetas según normativa

Tipo de Ensayo	Dimensión	Norma
Flexión	300mm x 400mm	NTE INEN -EN 520
Dureza	300mm x 400mm	NTE INEN -EN 520
Resistencia Térmica	500mm x 500mm	NTE INEN -EN 520, EN 12664

- **Corte de probetas para ensayos a flexión**

El corte de cada probeta se realiza según los parámetros expuestos en la normativa NTE INEN -EN 520 literal 5.7. La cantidad de probetas cortadas en función de la cantidad de agregado de residuos de GFRP y espesor de la probeta se expone en la Tabla 16.

Tabla 16: Corte de probetas para flexión

#	% de GFRP triturado (30%- 40%- 50%)	Espesor de la probeta (9,5mm - 12,5mm - 15mm)	Número de probetas	Dimensiones (mm)
1	30%	9,5 mm	3	300 x 400
2	30%	12,5 mm	3	300 x 400
3	30%	15 mm	3	300 x 400
4	40%	9,5 mm	3	300 x 400
5	40%	12,5 mm	3	300 x 400
6	40%	15 mm	3	300 x 400

#	% de GFRP triturado (30% - 40% - 50%)	Espesor de la probeta (9,5mm - 12,5mm - 15mm)	Número de probetas	Dimensiones (mm)
7	50%	9,5 mm	3	300 x 400
8	50%	12,5 mm	3	300 x 400
9	50%	15 mm	3	300 x 400
		Número total de probetas	27	

En la Figura 38 se presentan las placas obtenidas después del proceso de moldeo para posteriormente cortar y enviar a los laboratorios para obtener el comportamiento a flexión de los diferentes espesores que se van a ensayar de la mezcla de gypsum y GFRP con varias combinaciones de material compuesto.



Figura 38: Probetas para ensayo a flexión con diferentes espesores

- **Corte de probetas para ensayos de dureza**

El corte de cada probeta para los ensayos de dureza se realiza según los parámetros expuestos en la normativa NTE INEN -EN 520 literal 5.12. La cantidad de probetas cortadas en función de la cantidad de agregado de residuos de GFRP y espesor de la probeta se expone en la Tabla 17.

Tabla 17: Probetas para ensayo de dureza

#	% de GFRP triturado (30% - 40% - 50%)	Espesor de la probeta (9,5mm - 12,5mm - 15mm)	Número de probetas	Dimensiones (mm)
1	30%	9,5 mm	3	300 x 400
2	30%	12,5 mm	3	300 x 400
3	30%	15 mm	3	300 x 400
4	40%	9,5 mm	3	300 x 400
5	40%	12,5 mm	3	300 x 400
6	40%	15 mm	3	300 x 400
7	50%	9,5 mm	3	300 x 400
8	50%	12,5 mm	3	300 x 400
9	50%	15 mm	3	300 x 400
		Número total de probetas	27	

En la Figura 39 se muestra las placas listas para ser cortadas y enviadas al laboratorio para ser sometidos al ensayo de dureza.



Figura 39: Probetas para ensayo de dureza

Debido a que no se encontraron estudios previos de caracterización de la dureza superficial del gypsum con los cuales realizar el estudio comparativo se procede a adquirir una plancha de gypsum comercial de 12.5 mm de espesor, de las cuales se corta 3 probetas con las dimensiones de 400mm x 300mm según expresa la normativa en la Tabla 18 se presenta las probetas de material obtenido para los ensayos pertinentes.

Tabla 18: Probetas de gypsum

#	Tipo de material	Espesor de la probeta	Número de probetas	Dimensiones (mm)
1	100% gypsum (yeso - cartón)	12,5 mm	3	300 x 400

- **Corte de probetas para ensayos de resistencia térmica**

El corte de cada probeta para los ensayos de resistencia térmica se realiza según los parámetros expuestos en la normativa NTE INEN -EN 520 literal 4.7, el cual expresa que cuando el uso previsto de las placas de gypsum sea el de contribuir a la resistencia térmica de una edificación (paredes, tabique, techos, etc.) se debe determinar su conductividad térmica según lo indicado en la norma EN 12664. La cantidad de probetas cortadas en función de la cantidad de agregado de residuos de GFRP y espesor de la probeta se expone en la Tabla 19.

Tabla 19: Probetas para ensayo de resistencia térmica

#	% de GFRP triturado (30% - 40% - 50%)	Espesor de la probeta (9,5mm - 12,5mm - 15mm)	Número de probetas	Dimensiones (mm)
1	30%	9,5 mm	3	500 x 500
2	30%	12,5 mm	3	500 x 500
3	30%	15 mm	3	500 x 500
4	40%	9,5 mm	3	500 x 500
5	40%	12,5 mm	3	500 x 500
6	40%	15 mm	3	500 x 500
7	50%	9,5 mm	3	500 x 500
8	50%	12,5 mm	3	500 x 500
9	50%	15 mm	3	500 x 500
Número total de probetas			27	

En la Figura 40 se muestra las placas obtenidas de las diferentes fracciones volumétricas a diferentes espesores que se envían al laboratorio para analizar la resistencia térmica del material compuesto.



Figura 40: Probetas para ensayo térmico

3.6 Caracterización mecánica de los paneles de gypsum con agregado de GFRP triturado.

Según la normativa NTE INEN -EN 520, se pueden realizar varios ensayos para determinar varias propiedades mecánicas en sistemas de placas de yeso laminado. Se determinó efectuar los ensayos de flexión, dureza y resistencia térmica expresados en la mencionada normativa debido a que permiten determinar características explícitas del material a ensayar, más no, del sistema en general (conjunto estructura - placas).

Los ensayos de flexión y dureza se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica (FICM - UTA), y los ensayos de resistencia térmica se realizaron en el Laboratorio de Ensayos Térmicos y eficiencia Energética de la Escuela Politécnica del Litoral.

3.6.1 Ensayo de Flexión combinación de material compuesto.

Tabla 20: Resultados probetas a flexión grupo 1




		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	9 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021			
Laboratorio:	Centro de transferencia de tecnologías laboratorio de ingeniería Civil						
Norma	NTE INEN EN-520						
Materiales:	Gypsum con GFRP						
Máquina para el ensayo	Máquina Universal de ensayos Shimatzu						
Temperatura de la probeta:	40°C			Tamaño de la probeta: 400x 300 mm			
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Probeta N.º	Espesor de probeta (mm)	Carga (KN)	Resistencia a flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Módulo a flexión (KN/mm ²)	% de combinación	
1	9,5	0,51	9,89	2,00	10,63	30% GFRP	
2	9,5	0,54	10,38	1,92	11,62	40% GFRP	
3	9,5	0,56	10,86	1,91	12,22	50% GFRP	
4	12,5	0,72	8,01	1,89	6,92	30% GFRP	
5	12,5	0,77	8,65	1,90	7,44	40% GFRP	
6	12,5	0,83	9,24	1,70	8,88	50% GFRP	
7	15	0,84	6,57	1,89	4,73	30% GFRP	
8	15	0,88	6,82	1,87	4,96	40% GFRP	
9	15	0,91	7,08	1,90	5,07	50% GFRP	
RESUMEN DEL ESFUERZO A FLEXIÓN							
							
Observaciones: La mejor configuración presentada en la probeta 7A es al 50% de gypsum y 50% de GRFP con un esfuerzo de 10,86 MPa.							
Elaborado por: Ing. Erika Freire							

Tabla 21: Resultados probetas a flexión grupo 1



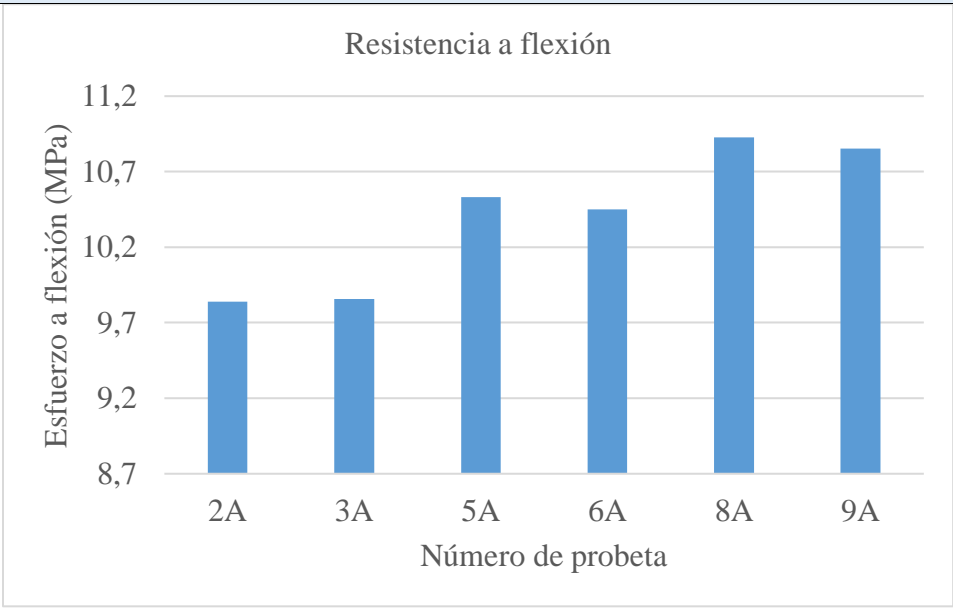
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	9 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021			
Laboratorio:	Centro de transferencia de tecnologías laboratorio de ingeniería Civil						
Norma	NTE INEN EN-520						
Materiales:	Gypsum con GFRP						
Máquina para el ensayo	Máquina Universal de ensayos Shimatzu						
Temperatura de la probeta:	40°C		Tamaño de la probeta: 400x 300 mm				
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Probeta N.º	Espesor de probeta (mm)	Carga (KN)	Resistencia a flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Módulo a flexión (KN/mm ²)	% de combinación	
2A	9,5	0,51	9,84	1,98	10,68	30% GFRP	
3A	9,5	0,51	9,86	1,97	10,75	30% GFRP	
5A	9,5	0,54	10,53	1,90	11,91	40% GFRP	
6A	9,5	0,54	10,45	2,20	10,21	40% GFRP	
8A	9,5	0,56	10,93	1,98	11,86	50% GFRP	
9A	9,5	0,56	10,85	2,30	10,14	50% GFRP	
RESUMEN DEL ESFUERZO A FLEXIÓN							
 <p style="text-align: center;">Resistencia a flexión</p> <p style="text-align: center;">Esfuerzo a flexión (MPa)</p> <p style="text-align: center;">Número de probeta</p>							
Observaciones La mejor combinación con espesor 9,5 es de 50% de Gypsum y 50% de GFRP con esfuerzo de 10,93 MPa en la probeta 9A							
Elaborado por: Ing. Erika Freire							

Tabla 22: Resultados probetas a flexión grupo 2



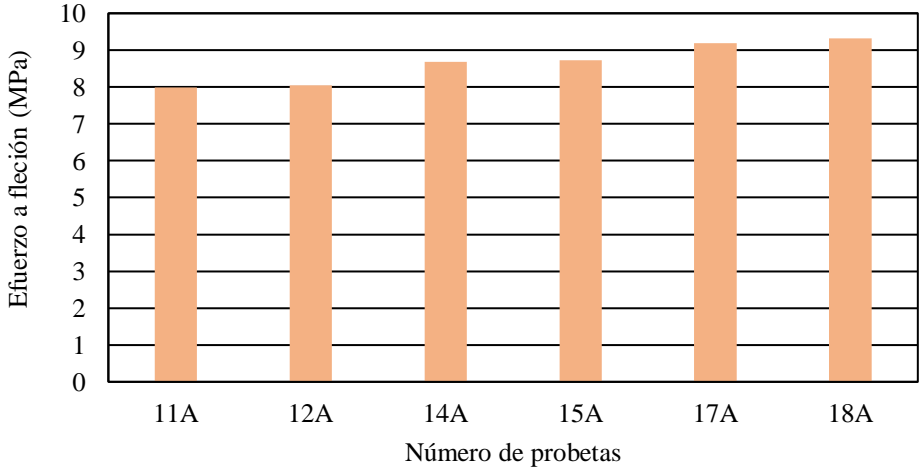


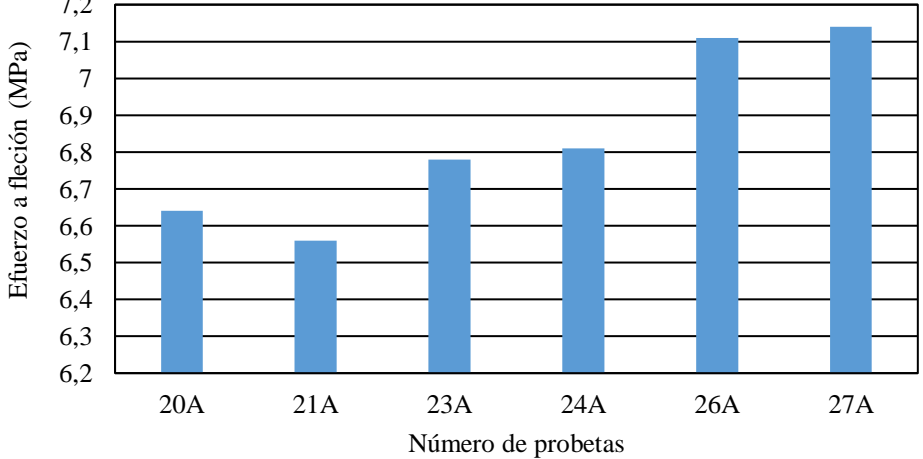
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO																		
Información del ensayo																				
Número de muestras:	9 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021																
Laboratorio:	Centro de transferencia de tecnologías laboratorio de ingeniería Civil																			
Norma	NTE INEN EN-520																			
Materiales:	Gypsum con GFRP																			
Máquina para el ensayo	Máquina Universal de ensayos Shimatzu																			
Temperatura de la probeta:	40°C			Tamaño de la probeta: 400x 300 mm																
RESULTADOS DEL ENSAYO																				
Probeta N.º	Espesor de probeta (mm)	Carga (KN)	Resistencia a flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Módulo a flexión (KN/mm ²)	% de combinación														
11A	12,5	0,71	7,99	1,99	6,56	30% GFRP														
12A	12,5	0,72	8,05	1,97	6,68	30% GFRP														
14A	12,5	0,78	8,68	1,98	7,16	40% GFRP														
15A	12,5	0,78	8,73	1,96	7,28	40% GFRP														
17A	12,5	0,82	9,19	1,97	7,62	50% GFRP														
18A	12,5	0,83	9,32	1,98	7,69	50% GFRP														
RESUMEN DEL ESFUERZO A FLEXIÓN																				
<p>Resistencia a flexión</p>  <table border="1" style="display: none;"> <caption>Data for Resistencia a flexión chart</caption> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>Resistencia a flexión (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11A</td> <td>7,99</td> </tr> <tr> <td>12A</td> <td>8,05</td> </tr> <tr> <td>14A</td> <td>8,68</td> </tr> <tr> <td>15A</td> <td>8,73</td> </tr> <tr> <td>17A</td> <td>9,19</td> </tr> <tr> <td>18A</td> <td>9,32</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	Resistencia a flexión (MPa)	11A	7,99	12A	8,05	14A	8,68	15A	8,73	17A	9,19	18A	9,32
Probeta	Resistencia a flexión (MPa)																			
11A	7,99																			
12A	8,05																			
14A	8,68																			
15A	8,73																			
17A	9,19																			
18A	9,32																			
Observaciones :																				
En el ensayo de flexión la mejor combinación con espesor de 12,5 mm es 50% de Gypsum y 50% de GFRP en la probeta 18 A con un esfuerzo de 9,32 MPa.																				
Elaborado por: Ing. Erika Freire																				

Tabla 23: Resultados probetas a flexión grupo 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO																		
Información del ensayo																				
Número de muestras:	9 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021																
Laboratorio:	Centro de transferencia de tecnologías laboratorio de ingeniería Civil																			
Norma	NTE INEN EN-520																			
Materiales:	Gypsum con GFRP																			
Máquina para el ensayo	Máquina Universal de ensayos Shimatzu																			
Temperatura de la probeta:	40°C		Tamaño de la probeta: 400x 300 mm																	
RESULTADOS DEL ENSAYO																				
Probeta N.º	Espesor de probeta (mm)	Carga (KN)	Resistencia a flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Módulo a flexión (KN/mm ²)	% de combinación														
20A	15	0,85	6,64	1,85	4,89	30% GFRP														
21A	15	0,84	6,56	1,89	4,73	30% GFRP														
23A	15	0,87	6,78	1,86	4,96	40% GFRP														
24A	15	0,88	6,81	1,84	5,04	40% GFRP														
26A	15	0,91	7,11	1,78	5,44	50% GFRP														
27A	15	0,92	7,14	1,85	5,25	50% GFRP														
RESUMEN DEL ESFUERZO A FLEXIÓN																				
<p>Resistencia a flexión</p>  <table border="1" style="display: none;"> <caption>Data for Resistencia a flexión chart</caption> <thead> <tr> <th>Número de probetas</th> <th>Esfuerzo a flexión (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20A</td> <td>6,64</td> </tr> <tr> <td>21A</td> <td>6,56</td> </tr> <tr> <td>23A</td> <td>6,78</td> </tr> <tr> <td>24A</td> <td>6,81</td> </tr> <tr> <td>26A</td> <td>7,11</td> </tr> <tr> <td>27A</td> <td>7,14</td> </tr> </tbody> </table>							Número de probetas	Esfuerzo a flexión (MPa)	20A	6,64	21A	6,56	23A	6,78	24A	6,81	26A	7,11	27A	7,14
Número de probetas	Esfuerzo a flexión (MPa)																			
20A	6,64																			
21A	6,56																			
23A	6,78																			
24A	6,81																			
26A	7,11																			
27A	7,14																			
Observaciones:																				
En el ensayo con espesor de 15mm del gypsum la mejor combinación es de 50% de gypsum con 50% de GFRP con un esfuerzo de flexión de 7,14 MPa en la probeta 27A																				
Elaborado por: Ing. Erika Freire																				

3.6.2 Ensayo de Dureza

El ensayo de dureza superficial de las probetas de gypsum con agregado de GFRP y de las probetas comerciales de 100% Gypsum fue realizado en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica como se muestra en la Figura 41.



Figura 41: probeta elaborada código 25B

Se determinó el tamaño de la huella con ayuda de un calibrador y se anotó su medida junto a cada muesca. Se tomó 3 mediciones por cada probeta según lo expresa la normativa NTE INEN -EN 520. Las probetas para el ensayo de dureza de gypsum con agregado de GFRP se codificaron con el número y la letra B, en la tabla 16, se puede apreciar el detalle de la configuración de cada probeta y los datos obtenidos.

Tabla 24: Resultados probetas dureza grupo 1




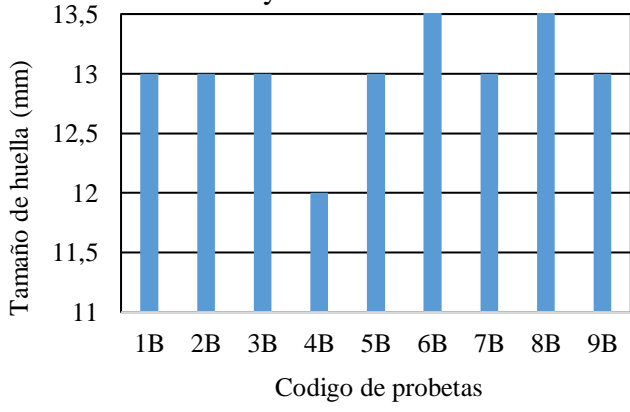
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	27 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021			
Laboratorio:	Laboratorio de materiales de la Universidad Técnica de Ambato						
Norma	NTE INEN EN-520						
Materiales:	Gypsum con GFRP						
Tamaño de bola - indentador:	50 mm		Peso de bola - indentador: 517 gr				
Temperatura de la probeta:	40°C		Tamaño de la probeta: 400x 300 mm				
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Código	Espesor de probeta (mm)	% de Agregado de GFRP	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)	
1B	9,5	30%	12	14	14	13	
2B	9,5	30%	14	13	13	13	
3B	9,5	30%	12	14	13	13	
4B	9,5	40%	13	12	12	12	
5B	9,5	40%	13	13	13	13	
6B	9,5	40%	14	14	13	14	
7B	9,5	50%	14	13	13	13	
8B	9,5	50%	13	14	14	14	
9B	9,5	50%	14	12	13	13	
PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO							
			<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza</p> 				
Observaciones La menor huella durante el ensayo de dureza fue la combinación a 40% de GFRP y 60 % gypsum.							
Elaborado por: Ing. Erika Freire							

Tabla 25: Resultados probetas dureza grupo 2



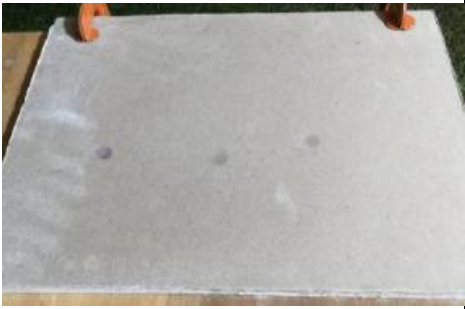
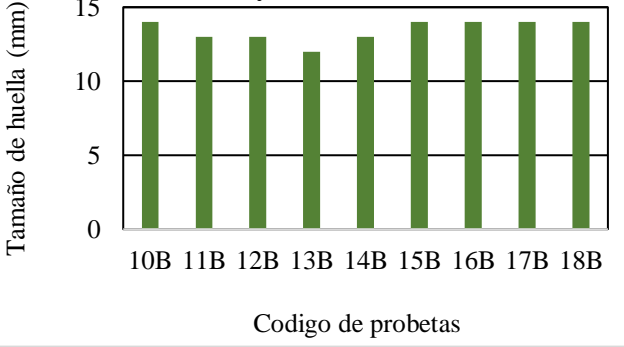
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	27 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021			
Laboratorio:	Laboratorio de materiales de la Universidad Técnica de Ambato						
Norma	NTE INEN EN-520						
Materiales:	Gypsum con GFRP						
Tamaño de bola - indentador:	50 mm		Peso de bola - indentador: 517 gr				
Temperatura de la probeta:	40°C		Tamaño de la probeta: 400x 300 mm				
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Código	Espesor de probeta (mm)	% de Agregado de GFRP	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)	
10B	12,5	30%	15	14	14	14	
11B	12,5	30%	14	13	13	13	
12B	12,5	30%	13	12	13	13	
13B	12,5	40%	12	12	12	12	
14B	12,5	40%	13	12	13	13	
15B	12,5	40%	14	13	14	14	
16B	12,5	50%	14	14	15	14	
17B	12,5	50%	13	14	14	14	
18B	12,5	50%	15	14	14	14	
			<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza</p>  <p style="text-align: center;">Codigo de probetas</p>				
Observaciones : La probeta que menor tamaño de huella presenta luego del impacto es la probeta 13B con 40% de GFRP y 60% de gypsum.							
Elaborado por: Ing. Erika Freire							

Tabla 26: Resultados probetas dureza grupo 3



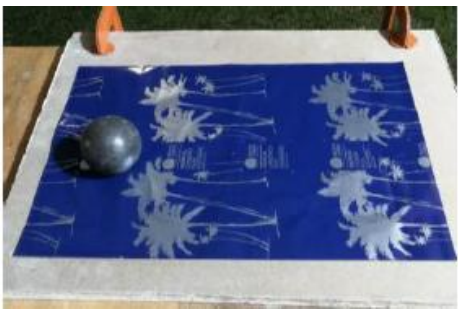
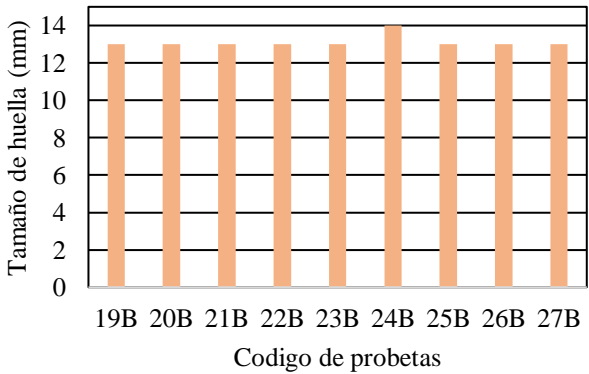


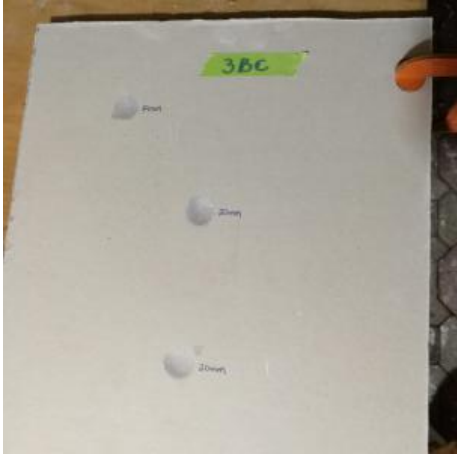
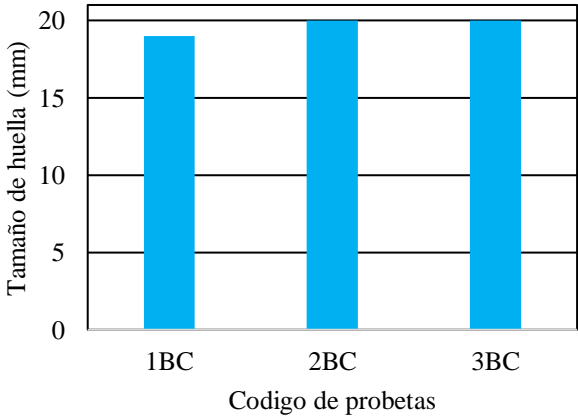


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	27 probetas			Fecha: 13 de abril del 2021			
Laboratorio:	Laboratorio de materiales de la Universidad Técnica de Ambato						
Norma	NTE INEN EN-520						
Materiales:	Gypsum con GFRP						
Tamaño de bola - indentador:	50 mm		Peso de bola - indentador: 517 gr				
Temperatura de la probeta:	40°C		Tamaño de la probeta: 400x 300 mm				
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Código	Espesor de probeta (mm)	% de Agregado de GFRP	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)	
19B	15	30%	14	13	13	13	
20B	15	30%	12	14	13	13	
21B	15	30%	13	13	13	13	
22B	15	40%	13	13	14	13	
23B	15	40%	13	14	13	13	
24B	15	40%	14	14	14	14	
25B	15	50%	12	13	14	13	
26B	15	50%	12	14	13	13	
27B	15	50%	12	13	13	13	
			<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza</p> 				
Observaciones: Para el espesor de 15 mm de la probeta las combinaciones de 30,40 y 50% presentan tamaño de huella igual a 13 mm para este espesor se determina buena dureza en las tres combinaciones.							
Elaborado por: Ing. Erika Freire							

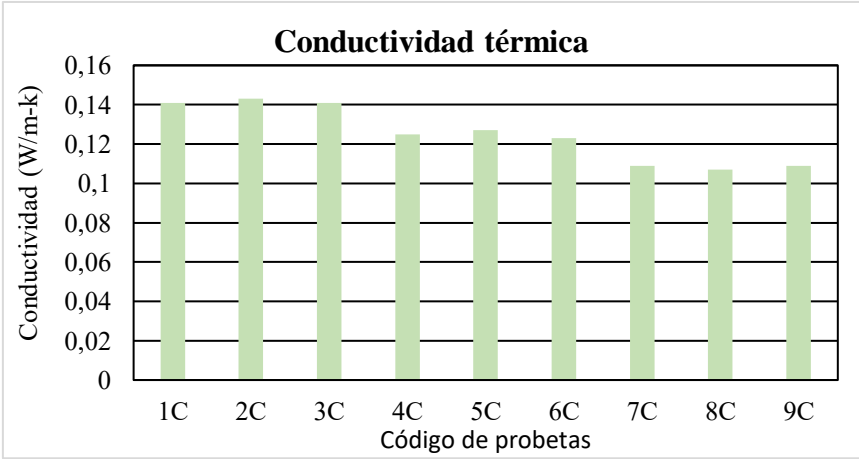
Tabla 27: Resultados probetas dureza material comercial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO												
Información del ensayo														
Número de muestras:	3 probetas		Fecha: 13 de abril del 2021											
Laboratorio:	Laboratorio de materiales de la Universidad Técnica de Ambato													
Norma	NTE INEN EN-520													
Materiales:	Gypsum comercial													
Tamaño de bola - identador:	50 mm		Peso de bola - identador: 517 gr											
Temperatura de la probeta:	40°C		Tamaño de la probeta: 400x 300 mm											
RESULTADOS DEL ENSAYO														
Código	Espesor de probeta (mm)	% de Agregado de GFRP	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)								
Código	Espesor de probeta (mm)	Gypsum (yeso - cartón)	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)								
1BC	12,5	100%	19	19	20	19								
2BC	12,5	100%	19	20	20	20								
3BC	12,5	100%	20	19	20	20								
			<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza probeta comercial</p>  <table border="1"> <caption>Data for Ensayo de dureza probeta comercial</caption> <thead> <tr> <th>Código de probetas</th> <th>Tamaño de huella (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1BC</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>2BC</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>3BC</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>				Código de probetas	Tamaño de huella (mm)	1BC	19	2BC	20	3BC	20
Código de probetas	Tamaño de huella (mm)													
1BC	19													
2BC	20													
3BC	20													
Observaciones Para las probetas de gypsum comerciales se tiene una huella de 20 mm que es elevada comparada con los datos obtenidos en el material compuesto.														
Elaborado por: Ing. Erika Freire														

3.6.3 Ensayo de Resistencia Térmica

Tabla 28: Resultados probetas conductividad térmica grupo 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	27 probetas			Fecha: 25 de mayo del 2021			
Laboratorio:	Laboratorio Ensayos térmicos y eficiencia energética ESPOL						
Norma	EN 12664 método de placa caliente resguardada						
Materiales:	Gypsum con triturado de residuos de material compuesto GFRP						
Conductividad térmica	0,002 – 2,500W/m-K			Rango de temperatura: 10 – 40 °C			
Diferencia de temperatura	15°C			Tamaño de la probeta: 500x500 mm			
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Código	% de Agregado de GFRP	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Densidad (kg/m ³)	
1C	30%	498	499	10	3250,4	1308	
2C	30%	499	500	10	3263,5	1308	
3C	30%	500	495	10	3237,3	1308	
4C	40%	498	498	10	2886,8	1164	
5C	40%	499	497	10	2886,8	1164	
6C	40%	497	500	10	2892,5	1164	
7C	50%	500	500	10	2550,0	1020	
8C	50%	493	500	10,1	2539,4	1020	
9C	50%	500	500	10	2550,0	1020	





Conductividad térmica

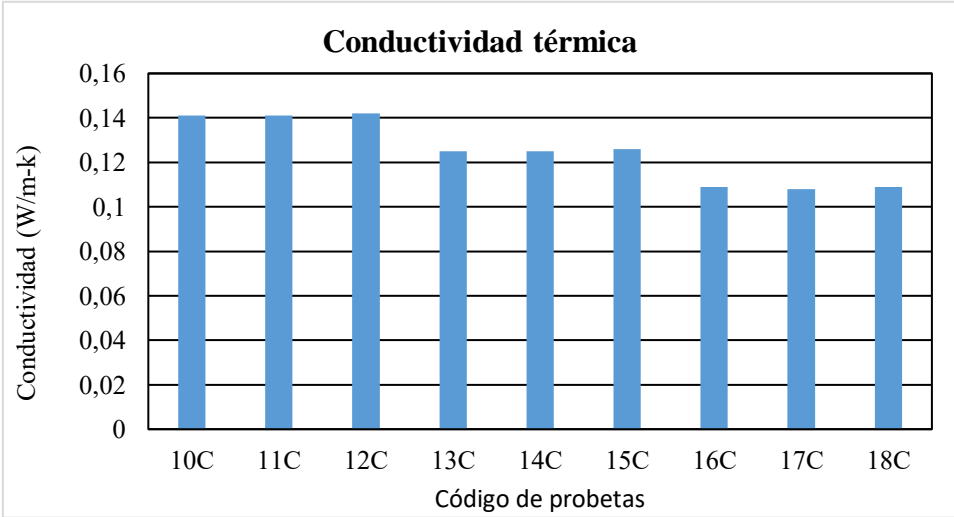
Código de probetas	Conductividad (W/m-k)
1C	0.14
2C	0.14
3C	0.14
4C	0.125
5C	0.125
6C	0.12
7C	0.11
8C	0.105
9C	0.11

Observaciones: La mejor conductividad térmica del compuesto es a 50% de GRFP

Tabla 29: Resultados probetas conductividad térmica grupo 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO 						
Información del ensayo						
Número de muestras:	27 probetas			Fecha: 25 de mayo del 2021		
Laboratorio:	Laboratorio Ensayos térmicos y eficiencia energética ESPOL					
Norma	EN 12664 método de placa caliente resguardada					
Materiales:	Gypsum con triturado de residuos de material compuesto GFRP					
Conductividad térmica	0,002 – 2,500W/m-K			Rango de temperatura: 10 – 40 °C		
Diferencia de temperatura	15°C			Tamaño de la probeta: 500x500 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Código	% de Agregado de GFRP	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Densidad (kg/m ³)
10C	30%	500	496	13	4216,99	1308
11C	30%	498	498	13	4217,06	1308
12C	30%	500	500	13	4251	1308
13C	40%	497	500	13,1	3789,23	1164
14C	40%	498	498	13	3752,8	1164
15C	40%	499	497	13	3752,78	1164
16C	50%	500	500	13	3315	1020
17C	50%	500	500	13,1	3340,5	1020
18C	50%	498	496	13	3275,33	1020



Conductividad térmica



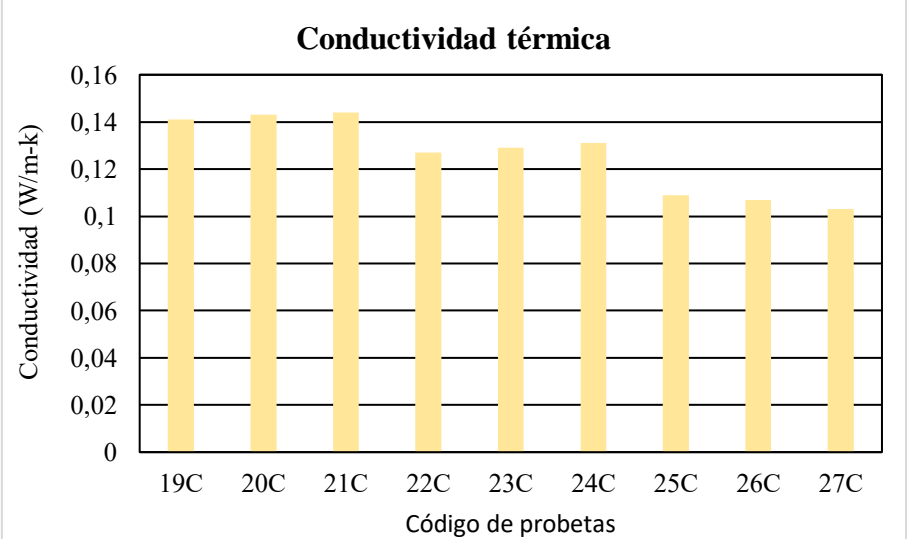
Código de probetas	Conductividad (W/m-k)
10C	0,14
11C	0,14
12C	0,14
13C	0,125
14C	0,125
15C	0,125
16C	0,11
17C	0,11
18C	0,11

Observaciones: La mejor conductividad térmica del compuesto es a 50% de GRFP

Tabla 30: Resultados probetas conductividad térmica grupo 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica RESULTADOS DE MEDICIONES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO					
Información del ensayo							
Número de muestras:	27 probetas			Fecha: 25 de mayo del 2021			
Laboratorio:	Laboratorio Ensayos térmicos y eficiencia energética ESPOL						
Norma	EN 12664 método de placa caliente resguardada						
Materiales:	Gypsum con triturado de residuos de material compuesto GFRP						
Conductividad térmica	0,002 – 2,500W/m-K			Rango de temperatura: 10 – 40 °C			
Diferencia de temperatura	15°C			Tamaño de la probeta: 500x500 mm			
RESULTADOS DEL ENSAYO							
Código	% de Agregado de GFRP	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Densidad (kg/m ³)	
19C	30%	499	500	15	4895,19	1308	
20C	30%	496	494	15	4807,37	1308	
21C	30%	500	495	15	4855,95	1308	
22C	40%	498	500	15	4321,35	1164	
23C	40%	498	500	15	4347,54	1164	
24C	40%	497	500	15	4338,81	1164	
25C	50%	497	500	15	3808,05	1020	
26C	50%	500	497	15	3802,05	1020	
27C	50%	498	500	15	3809,7	1020	

Conductividad térmica



Código de probetas	Conductividad (W/m-k)
19C	0.14
20C	0.145
21C	0.145
22C	0.125
23C	0.13
24C	0.135
25C	0.11
26C	0.105
27C	0.105

Observaciones: La mejor conductividad térmica del compuesto es a 50% de GRFP

3.6.4 Análisis de resultados de los ensayos preliminares

En la Figura 42 se evalúa los resultados obtenidos y se determina que la mejor combinación de todas las probetas y pertenecen al grupo 1 que corresponde al 50% de residuos de fibra GFRP y 50 % gypsum con espesor de 9,5 mm.

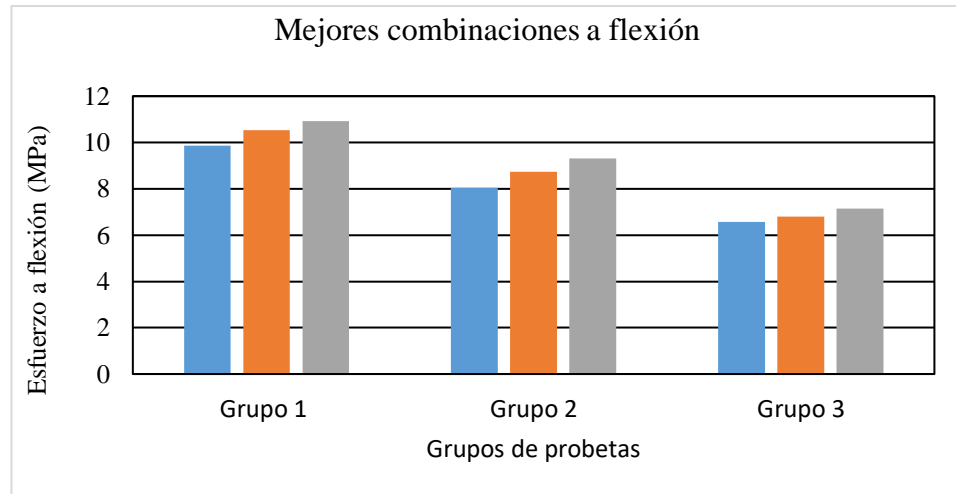


Figura 42: Resultados de los ensayos realizados a flexión

Además, en la Figura 43 se determina que el menor tamaño de huella se encuentra en los grupos de probetas 1 y 2 sin embargo en el grupo 2 el esfuerzo de flexión es inferior al grupo que mejor comportamiento presenta en la figura 42 por lo que se concluye que el grupo 1 de probetas tiene buena resistencia a flexión con un valor de 10,93 MPa y tamaño de huella de 13 mm.

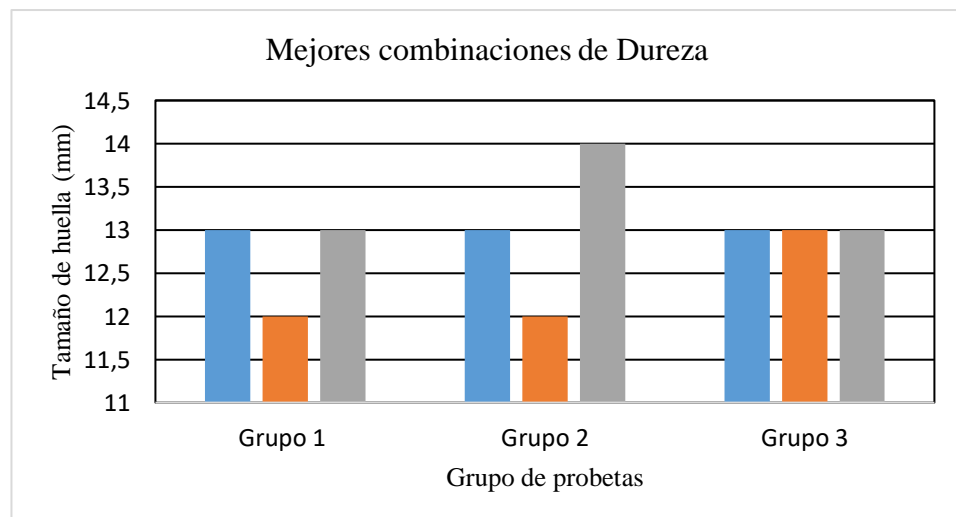


Figura 43: Resultados de los ensayos realizados en dureza

Finalmente se determina la conductividad térmica mediante la normativa EN 12664 método de placa caliente resguardada con esto se puede medir la conductividad térmica desde 0,02 hasta 2,50 W/m-K en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placas) en la Figura 44 se presenta el rango menores conductividad térmica del material compuesto.

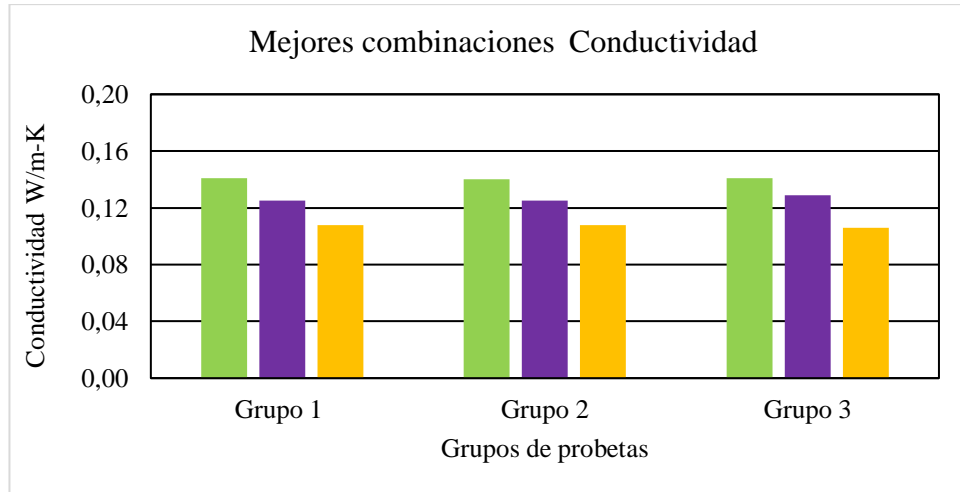


Figura 44: Mejores combinaciones ensayo conductividad

Con los resultados obtenidos de los ensayos de flexión, dureza y conductividad térmica se muestra a continuación en la Tabla 31 los mejores resultados de las diferentes configuraciones volumétricas de las probetas de esta manera facilitar la evaluación y selección del mejor material para determinar la hipótesis planteada para esta investigación.

Tabla 31: Mejores resultados obtenidos

Grupo de probetas	Espesor (mm)	Flexión (MPa)			Huella (mm)			Conductividad Térmica (W/m ² K)		
		30%	40%	50%	30%	40%	50%	30%	40%	50%
Grupo 1	9,5	9,86	10,53	10,93	13	12	13	0,14	0,13	0,11
Grupo 2	12,5	8,05	8,73	9,32	13	12	14	0,14	0,13	0,11
Grupo 3	15	6,56	6,81	7,14	13	13	13	0,14	0,13	0,11
PONDERACIÓN										
10	Aceptable	Resultado aceptado por encima del promedio de grupos de probetas.								
8	Bueno	Resultados bajo el promedio de grupos de probetas								
5	Rechazado	Resultados rechazados por estar debajo del promedio de grupos de probetas.								

De lo evaluado en la tabla anterior se establece que el mejor comportamiento a la combinación de las propiedades del material aplicados a la fabricación de paneles de gypsum como aislante térmico es la mezcla del 50% de gypsum y 50% de residuos de GFRP.

3.7 Verificación de la hipótesis

Para el presente estudio realizado del material compuesto de gypsum con residuos de GFRP, se planteó una hipótesis que está sujeta a verificación estadística y comparativa mediante la media aritmética y la desviación estándar de cada una de las combinaciones volumétricas que determinan las propiedades físicas del material compuesto.

Después de evaluar el comportamiento del material compuesto propuesto para esta investigación y determinar las mejores combinaciones presentadas se establece que el mejor resultado presenta la fracción volumétrica de 50% de gypsum y 50% de residuos de GFRP triturado perteneciente al primer grupo de probetas con espesor de 9,5 mm con dimensiones estándar de 300 x 400 mm y se observó una mejora notable en las siguientes características:

- El peso del material obtenido de gypsum con residuos de GFRP triturado es de 2,89 Kg de material compuesto mientras que el peso del cielo raso comercial es de 4,14 kg, se reduce un 60% comparado con el peso comercial del cielo.
- El coeficiente de conductividad térmica del material obtenido se reduce considerablemente obteniendo un valor de $0.11\text{W/m}^{\circ}\text{K}$ comparado con el de gypsum comercial que posee un valor de $0,25\text{W/m}^{\circ}\text{K}$ reduciendo su capacidad de transferir calor en un 46%, razón por la cual se lo considera como un material aislante térmico alternativo para el sector de la construcción.
- El costo de los paneles de gypsum comercial fluctúa alrededor de 11,20 dólares americanos mientras que el costo de los paneles de gypsum con GFRP es de 8,50 dólares.
- La resistencia a flexión del material mejora comparado con el estudio realizado [37] donde fabrican paneles de gypsum con celulosa reciclada donde obtienen un

promedio de resistencia a la flexión de 4,54 MPa, mientras que el promedio para el cielo raso de esta investigación es de 10,93 Mpa.

Por lo que se comprueba que la obtención del material compuesto de gypsum con residuos de GFRP triturado mejora las propiedades mecánicas del material en comparación con los paneles de gypsum existentes en el mercado.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE PROPUESTA

Desarrollo del proceso de fabricación de placas aislantes de gypsum con agregado de GFRP para su utilización en sistemas de falso techo o cielo raso.

4.1 Descripción

Una vez realizado el estudio del material aislante compuesto por gypsum con agregado de GFRP triturado en varios porcentajes, se determinó la mejor configuración y a su vez los parámetros de tiempo de fraguado del material, temperaturas de secado del material y parámetros de corte adecuados para garantizar un correcto acabado y buena calidad.

Se debe considerar además que, al ser el gypsum un material de construcción para interiores, de fácil y rápido montaje y desmontaje, la apariencia juega un papel muy importante en la aceptación del producto. Por lo que este proceso proporciona los parámetros que influyen en la calidad y aceptabilidad del material.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo General

Proponer un proceso de fabricación de paneles de cielo raso con propiedades térmicamente aislantes mediante la adición de residuos de GFRP triturado.

4.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros de tiempo de fraguado, temperatura y tiempos de secado adecuados mediante hojas de proceso para la fabricación de los paneles de cielo raso como aislante térmico.

- Evaluar los costos del cielo raso de material compuesto de gypsum y GFRP triturado y comparar con los costos de los cielos rasos comerciales utilizados actualmente en la industria de la construcción.

4.3 Análisis de factibilidad

Para la elaboración de la propuesta de esta investigación se determina que es factible realizar este proyecto pues existe información necesaria como normativa ecuatoriana NTE INEN EN -520 (Anexo 1) también se tiene el recurso, tecnológico, humano, instrumentos y materiales que fueron facilitados por dos empresas carroceras de la provincia de Tungurahua, tomando en cuenta que el costo de la propuesta es bajo y todos los elementos que constituyen el proyecto son de fácil adquisición en el mercado nacional hacen que este proyecto sea viable de elaborar.

4.4 Fundamentación

Para este proyecto de investigación la base fundamental del estudio son los conceptos teóricos prácticos del capítulo I, las diferentes combinaciones volumétricas para obtener el material compuesto, los ensayos realizados para obtener las propiedades mecánicas y conductividad térmica del material.

Además, se desarrolló el proceso tecnológico para obtener el cielo raso mediante controles y parámetros necesarios para la elaboración de los paneles de cielo raso con lo cual se pretende mejorar la calidad del producto final.

4.5 Desarrollo


El modelo del cielo raso obtenido mediante el proceso tecnológico y después de analizar las configuraciones volumétricas, propiedades mecánicas y térmicas que mejores resultados presentaron en los ensayos a los que fueron sometidos se procede a elaborar las hojas de proceso que describen de forma correcta el proceso para la fabricación de los cielos rasos propuestos en esta investigación.

4.5.1 Hoja de proceso

Las hojas de proceso para la fabricación de los paneles de cielo raso recogen información de todas las características, necesarias para su elaboración, operaciones y secuencias de trabajo de forma secuencial con un procedimiento lógico, claro y entendible para que cualquier obrero pueda ejecutar las actividades sin problema alguno y así optimizar tiempos de producción ver la Tabla 32.

Las aplicaciones del gypsum depende del espesor y características que posee en el mercado existe una gran variedad de espesores y modelos aplicados a la construcción en esta investigación se aplica al cielo raso como aislante térmico por las características específicas que presentó la combinación del material.

Tabla 32: Hoja de procesos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		HOJA DE PROCESOS		HOJA N.º	1
Componente:	Cielo raso		Cantidad		
Material	Gypsum con residuos de GFRP				
Dimensiones generales	500x500 mm		Espesor	9,5 mm	
Proceso	Moldeo cielo raso				
Herramientas:	Figura: Proceso elaboración de la pieza				
Molde					
Espátula					
Agua					
GRFP					
Balanza					
Operación	Descripción	Parámetros	Duración		
Preparar el gypsum	Pesar las cantidades exactas de gypsum	Colocar en un recipiente para después mezclar.	2 minutos		
Preparar la fibra de residuos de GFRP triturado	Triturar la fibra y pesar	Agregar en el recipiente	5 minutos		
Limpieza del molde	Eliminar impurezas, limpiar las rebabas con una espátula	Mantener el molde limpio	2 minutos		
Pasar cera desmoldante	Aplicar cera con un guaipe	Debe ser homogénea	1 minuto		
Colocar lámina de cartón	Se coloca en la base del molde		1 minuto		
Mezclado de los componentes	Mezclar en un recipiente antes de pasar al molde	Mezclar con agua	3 minutos		
Colocar en el molde	La mezcla se coloca en el molde	Hacerlo con la ayuda de una espátula	5 minutos		
Prensado	Eliminar espacios vacíos en la pieza	Colocar peso sobre la tapa	2 minutos		
Fraguado del gypsum	Dejar fraguar el tiempo necesario el gypsum	Consistencia homogénea	7 minutos		
Desmolde	Retirar el cielo raso cuidado sin dañar los bordes	Retirar el marco del molde	2 minutos		
Secado	Introducir en el horno	Horno precalentado a 450°C	40 minutos		
Almacenado	Transportar a una área seca y segura	No apilar más de 10 paneles	3 minutos		
			Tiempo total de manufactura	73 minutos	

4.5.1.1 Fraguado del gypsum

La característica principal del gypsum es su velocidad de fraguado por lo que el obrero se ve obligado a trabajar rápidamente y solo puede realizar pequeñas cantidades de mezcla y varía en función de:

- La cantidad de agua/gypsum al aumentar esta relación el tiempo disminuye en el fraguado.
- El tamaño de grano del polvo de gypsum
- El tiempo de mezclado o amasado de la combinación de gypsum GRFP y agua.
- La temperatura ambiente es inversamente proporcional al tiempo de fraguado.

4.5.1.2 Tiempo para el fraguado

Es el tiempo transcurrido desde la activación del gypsum + GRFP con agua hasta el proceso de vertido en el molde

4.5.1.3 Tiempo de fraguado final

Es el tiempo desde el inicio de la mezcla del gypsum con la adición de residuos de GRFP hasta el endurecimiento total de la masa para ello se aplica la siguiente fórmula.

$$t_f = t_1 - t_0 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

t_f = tiempo de fraguado

t_0 = Tiempo inicial mezcla del gypsum con el agua y el GRFP

t_1 = tiempo de inicio del fraguado

$$t_f = 7,5 \text{ minutos}$$

Por lo tanto, el tiempo de fraguado a temperatura ambiente de 20° se determinó entre los 5-7,5 minutos para el espesor de 9,5 mm y configuración volumétrica de 50% gypsum y 50% de GRFP con agua como activador de la mezcla.

4.6 Análisis económico del proyecto

Para este proyecto es necesario realizar el análisis económico de la tecnología de fabricación del molde para producir placas de cielo raso con mezcla de gypsum con fibra de residuos de GFRP como aislante térmico.

4.6.1 Costos de materia prima

En la Tabla 33 se presenta los costos de la materia prima y materiales para la construcción del molde utilizados en la fabricación de las 81 probetas ensayadas en el presente proyecto.

Tabla 33: Costo de materia prima para la fabricación de 81 paneles de gypsum con GFRP

Material	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Madera	Planchas de MDF para la fabricación del molde	4	3,75	15,0
Cartón	Láminas superficiales para el cielo raso	162	0,23	37,26
Gypsum	Bolsa de 30 Kg	9	17,2	154,8
GFRP	Residuos de fibra de vidrio (Kg)	31	Donado por empresas	0
Agua Potable	Metros cúbicos	0,133	0,48	0,07
SUBTOTAL DE MATERIA PRIMA				207,13

4.6.2 Costos de mano de obra

Para su cuantificación se determinó en función del tiempo requerido por cada operador para realizar los diferentes procesos de fabricación de los paneles de cielo raso como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34: Costo de mano de obra para la fabricación de cielos rasos con GFRP

Material	Descripción	Cantidad (H)	Costo Unitario (USD/H)	Costo total (\$)
Triturador de GFRP	Encargado del proceso de trituración de residuos de GFRP	4	1,67	6,68
Técnico de mezclado	Encargado de determinar las cantidades de cada material para realizar la mezcla	40	1,67	66,80
Asistente de moldeo	Encargado de distribuir la mezcla en el molde y colocar las capas de cartón superficial	40	1,67	66,80
Operador de horno de secado	Encargado del proceso de secado de los paneles de cielo raso	80	1,67	133,6
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				273,88

4.6.3 Costos por maquinaria y equipos

Se determinó en función al costo de alquiler de la maquinaria y equipos utilizados en el proyecto, como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35: Costo de mano de obra para la fabricación de cielos rasos con GFRP

Equipo	Descripción	Cantidad (H)	Costo Unitario (USD/H)	Costo total (\$)
Trituradora	Máquina trituradora de la empresa de reciclaje Gallegos	4	2,00	8,00
Molino	Molino de la empresa de reciclaje Gallegos	4	2,00	8,00
Horno	Horno de convección a gas de la escuela de gastronomía Lescoffier	80	2,50	200

Equipo	Descripción	Cantidad (H)	Costo Unitario (USD/H)	Costo total (\$)
Herramientas menores	Taladro, amoladora,	20	1,50	30
SUBTOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS				246,00

4.6.4 Costo total

En la Tabla 36 se puede apreciar el precio final de la fabricación de los 81 paneles de gypsum con GFRP elaborados para cumplir los objetivos planteados en la presente investigación, se debe considerar que existen costos por estudios previos los cuales se consideran como costos hundidos y son asumidos por el investigador. Del costo total presentado en la tabla 35 podemos determinar que el costo por unidad de cada cielo raso de 500 x 500 x 9.5 mm es de \$14,37 dólares americanos.

Tabla 36: Costo total para la fabricación de los paneles de cielo raso con GFRP.

Subtotal	Costo Total (\$)
Materia prima	207,13
Mano de obra	273,88
Maquinaria y equipos	246,00
SUBTOTAL COSTOS	727,01
IMPREVISTOS 10%	72,70
SUBTOTAL	799,71
IVA 12%	95,96
TOTAL COSTOS	895,67
UTILIDAD 30%	268,701
PRECIO DE VENTA	1164,37

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante la información bibliográfica sobre la combinación de material compuesto se determinó las especificaciones técnicas para la fabricación de paneles de gypsum bajo la normativa ecuatoriana NTE INEN 520, la cual proporcionó los métodos de ensayo para la caracterización de diferentes propiedades del material compuesto de gypsum con agregados de residuos de fibra GFRP.
- Las fracciones volumétricas obtenidas para el experimento de mezcla del gypsum con los residuos de GFRP se calcularon en función del porcentaje de agregado de residuos siendo la mejor combinación del nuevo material es 50% de gypsum y 50% de residuos de fibra GFRP con espesor de 9,5 mm.
- La normativa ecuatoriana NTE INEN 520 brindó los parámetros específicos para la caracterización de las propiedades mecánicas de los paneles de gypsum con agregado de GFRP tales como resistencia a la flexión, dureza superficial mediante la determinación del tamaño de huella y resistencia térmica del material.
- La resistencia a la flexión del material compuesto alcanzó el valor promedio de 10,93 MPa, el tamaño de huella del material obtuvo un valor de 13mm y la conductividad térmica obtenida es de 0,11 W/m K para la configuración de 50% de gypsum y 50% de GFRP con espesor de 9,5 mm siendo la que mejores características que presentó para la aplicación cielos rasos como aislantes térmicos para el sector de la construcción.
- El análisis de costos de materia prima, costos de mano de obra, costos de maquinaria y herramientas, permitió determinar el valor unitario del panel de cielo raso de 500 x500 mm con espesor de 9,5 mm en un precio de \$14,37 dólares americanos, lo cual se considera un valor muy alto en comparación con los paneles de gypsum existentes en el mercado el cual se puede adquirir desde \$8,00, Sin embargo las propiedades mecánicas del material compuesto de gypsum con residuos de fibra GRFP son mejores comparadas con los paneles de gypsum comerciales.

- Las hojas de procesos elaboradas como propuesta del presente trabajo de investigación permiten a los operarios realizar cada proceso de fabricación con precisión evitando generar desperdicios en materiales y tiempos de producción, así como también reduciendo los defectos que se pueden generar en el proceso de esta manera se optimiza el 30 % de la producción total de cielo raso.

5.2 Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio tomando en cuenta un valor controlado de tamaño de residuos de GFRP agregados a los paneles de cielo raso.
- Determinar alternativas para el proceso de secado de probetas que permitan reducir costos en el proceso de fabricación.
- Realizar un estudio tomando en cuenta diferentes porcentajes de agregado de residuos de GFRP a los paneles de gypsum.
- Establecer criterios de control de calidad para cada etapa del proceso de fabricación de los paneles de gypsum los cuales permitan determinar si el material es aceptado o rechazado.
- Determinar alternativas para el proceso de estratificación bajo compresión del material con la finalidad de generar un material sin imperfecciones internas y espesor irregular.
- Automatizar el proceso de mezcla y vertido en el molde considerando los reducidos tiempos de fraguado que presenta el material.
- Utilizar láminas de cartón de color blanco u otras tonalidades para la fabricación de los paneles de gypsum con agregado de GFRP tomando en cuenta que el aspecto físico es un factor determinante en este tipo de materiales de construcción de interiores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. B. Farinha, J. de Brito, and R. Veiga, “Assessment of glass fibre reinforced polymer waste reuse as filler in mortars,” *J. Clean. Prod.*, vol. 210, pp. 1579–1594, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.080.
- [2] R. M. Novais, J. Carvalheiras, M. P. Seabra, R. C. Pullar, and J. A. Labrincha, “Effective mechanical reinforcement of inorganic polymers using glass fibre waste,” *J. Clean. Prod.*, vol. 166, pp. 343–349, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.242.
- [3] R. M. Gandia, F. C. Gomes, A. A. R. Corrêa, M. C. Rodrigues, and R. F. Mendes, “Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with glass fiber reinforced polymer waste,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 222, pp. 168–182, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.107.
- [4] Y. Gao, P. Romero, H. Zhang, M. Huang, and F. Lai, “Unsaturated polyester resin concrete: A review,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 228, p. 116709, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116709.
- [5] M. de Agricultura, (2020, Oct 23). Acuerdo ministerial 134-2003, 2003. [en línea]. Available: https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/AM_068_PEI2.pdf.
- [6] Barcelonesa, “Ficha de datos Catalizador Peroxido. MEK,” 2014.
- [7] S. R. Naqvi, H. M. Prabhakara, E. A. Bramer, W. Dierkes, R. Akkerman, and G. Brem, “A critical review on recycling of end-of-life carbon fibre/glass fibre reinforced composites waste using pyrolysis towards a circular economy,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 136, no. November 2017, pp. 118–129, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.04.013.
- [8] Y. Jiang, T. C. Ling, K. H. Mo, and C. Shi, “A critical review of waste glass powder – Multiple roles of utilization in cement-based materials and construction products,” *J. Environ. Manage.*, vol. 242, no. November 2018, pp. 440–449, 2019, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.04.098.
- [9] S. M. Hama, A. S. Mahmoud, and M. M. Yassen, “Flexural behavior of reinforced concrete beam incorporating waste glass powder,” *Structures*, vol.

- 20, no. February, pp. 510–518, 2019, doi: 10.1016/j.istruc.2019.05.012.
- [10] Y. Jiang, J. Lu, H. Wu, S. Tan, Y. Zhang, and X. Cai, “Analysis of GFRP insulator characteristics under multiphysical fields in electromagnetic rail launchers,” *Compos. Struct.*, vol. 221, no. November 2018, p. 110900, 2019, doi: 10.1016/j.compstruct.2019.110900.
- [11] Ministerio del ambiente de Ecuador, “Prestadores de servicio (gestores) para el manejo de materiales peligrosos (sustancias químicas peligrosas y/o desechos peligrosos),” Quito, 2018.
- [12] U. Tamayo Orbezoa, M. A. V. Molinaa, and J. I. Olaizolab, “La gestión de residuos en la empresa: Motivaciones para su implantación y mejoras asociadas,” *Investig. Eur. Dir. y Econ. la Empres.*, vol. 18, no. 3, pp. 216–227, 2012, doi: 10.1016/j.iedee.2012.05.001.
- [13] M. Mukherjee, S. A. Gurusamy-thangavelu, and D. Kumar, “Applied Surface Science Biodegradable polyurethane foam as shoe insole to reduce footwear waste: Optimization by morphological physicochemical and mechanical properties,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 499, no. September 2019, p. 143966, 2020, doi: 10.1016/j.apsusc.2019.143966.
- [14] E. Fraj, J. Matute, and M. Polo, “Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa El aprendizaje y la innovación como determinantes del desarrollo de una capacidad de gestión medioambiental proactiva,” *Cuad. Econ. y Dir. la Empres.*, vol. 16, no. 3, pp. 180–193, 2013, doi: 10.1016/j.cede.2012.10.001.
- [15] A. D. Moreno, “Reciclaje de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio,” Universidad de los Andes, Bogotá, 2016.
- [16] V.H. Guerrero, J. Dávila, S. Galeas, P. Pontón, N. Rosas, V.Sotomayor y C.Valdivieso, “*Nuevos materiales aplicaciones estructurales e industriales*, ” 1era ed. Quito, 2011.
- [17] N. Castro, W. Coronado, and L. Perez, “Diseño estructural del fuselaje, ala central y unión ala-fuselaje para la aeronave no tripulada (UAV) SKYCRUSIER X-1,” Universidad San Buenaventura. Bogotá, 2013.
- [18] M. Yung Niu, “*Composite airframa structures practical desing information and data*” 2nd ed. New York, 2012.
- [19] A. Gil, “Resinas de poliéster guia de manejo,” p. 14, 2012.
- [20] Fibraplus, (2021, Apr. 10). Ficha técnica MEK PEROXIDO. [En línea].

Available: <http://fibraplus.com/mek-peroxido/>.

- [21] C. Carbono, (2021, Apr. 10) Coremat® XM Espesor 2 mm. - 1000 x 500 mm. [En línea]. Available: <https://www.clipcarbono.com/es/comprar-nucleos-sandwich-ligeros-baja-densidad-rigidez/1324-coremat-xm-espesor-2-mm-1000-x-500-mm.html>.
- [22] E. J. Castillo Castro, “Influencia del porcentaje de fibra de cabuya y temperatura de curado sobre la resistencia al impacto de un compuesto de matriz poliéster - fibra de vidrio,” Perú, 2017.
- [23] F. Castillo Rodríguez, “Conformado de materiales,” Universidad de Malaga. p. 86, Malaga, 2012.
- [24] F, Morales , “Introducción a Las estructuras sandwich,” *Programas Estud.*, vol. 1, no. Semestre 1, pp. 1–34, Colombia, 2010.
- [25] S. Garcia, “Análisis de laminados de materiales compuestos con precarga en su plano y sometidos a impacto,” Madrid, 2007.
- [26] C. Godoy, “Evaluación experimental de paneles de caña de maíz en un sistema de cielo falso para confort térmico,” Guatemala, 2015.
- [27] NIOSH, (2021, Apr. 21). NASD Estres por Calor,[En línea]. Available: <https://nasdonline.org/138/d001702/estres-por-calor.html> .
- [28] Instituto Ecuatoriano Normalización, “Placa de yeso laminado definiciones, especificaciones y métodos de ensayo,” pp. 1–5, Quito, 2019.
- [29] C. Zeppelin, “*Cielos Falsos, Rasos y Modulares recomendaciones técnicas*” 3era ed. Chile, 2007
- [30] F. Chávez del Valle, (2021, Apr. 21) Conceptos Generales sobre Ambiente y Confort Térmico, [En línea]. Available <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6104/07CAPITULO2.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.
- [31] R. A. ANANIAS and R. B. KEEY, “Transferencia de calor,” *Teor. del secado*, pp. 75–99, 2020, doi: 10.22320/978-956-9275-85-2_4.
- [32] P. Jiménez, “Estudio de la Transferencia de Calor en Ventanas Mexicanas en Condiciones de Clima Frío Mediante una Cámara de Ambiente Controlado,” Mexico, 2012.
- [33] A. Santos, (2021, Apr. 26). Coeficiente de transferencia de calor, [En línea]. Available: <https://www.academia.edu/4755717>.

- [34] American Society Material, “Métodos de prueba estándar para las propiedades de flexión de plásticos reforzados y no reforzados y materiales aislantes eléctricos D 7264/D 7264M – 07,” vol. i, pp. 1–11, 2007.
- [35] “ISO 8302, (2021, May. 07). Determinación de la resistencia térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas de placa caliente protegida. [En línea]. Available: <https://webstore.ansi.org/standards/iso/iso83021991>.
- [36] Norma española “Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente guardada y el método del medidor de flujo de calor,” pp. 0–3, España, 2002.
- [37] D. Muñoz and J. Narvaéz, “Construcción sostenible a partir de paneles prefabricados utilizando yeso y celulosa reciclada,” Universidad Central del Ecuador, Quito, 2019.

ANEXOS



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN-EN 520

Primera edición

2018-06

**PLACA DE YESO LAMINADO. DEFINICIONES, ESPECIFICACIONES
Y MÉTODOS DE ENSAYO (EN 520:2004+A1:2009, IDT)**

GYPSUM PLASTERBOARDS. DEFINITIONS, REQUIREMENTS AND TEST METHODS (EN 520:2004+A1:2009, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma EN 520:2004+A1:2009, cuya versión oficial en español fue realizada por AENOR.

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es la versión en español de la Norma Europea EN 520:2004+A1:2009, *Placa de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*, fue traducida por la Asociación Española de Normalización y Certificación –AENOR– y tiene la misma validez de las versiones oficiales.

Los derechos de autor de este documento normativo pertenecen a la Asociación Española de Normalización, UNE, debido a una reestructura de la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, efectiva a partir de enero del 2017.

El comité nacional responsable de esta norma y de su adopción es el Comité Técnico de Normalización, ISO/TC 74 *Cementos y cal*.

Para propósitos de esta Norma Técnica Ecuatoriana, se han hecho los siguientes cambios editoriales:

- Las palabras “esta Norma Europea” han sido reemplazadas por “esta norma”.
- Se han adicionado las siguientes NOTAS EXPLICATIVAS INEN con el fin de brindar orientación a los usuarios.

Ubicación en el documento normativo

Texto

4.8 Sustancias reglamentadas

NOTA EXPLICATIVA INEN. Las disposiciones de las sustancias reglamentadas deben sujetarse a la reglamentación del país de destino.

ANEXO ZA (Informativo)

NOTA EXPLICATIVA INEN. El Anexo ZA (Informativo) Capítulos de esta norma relativos a los requisitos esenciales de la Directiva de los productos de construcción de la UE, no se aplica para los fines de este documento normativo.

A continuación, se enlistan los documentos normativos internacionales que se referencian en la norma EN 520:2004+A1:2009 y los documentos normativos nacionales correspondientes:

Documento Normativo Internacional

Documento Normativo Nacional

EN-ISO 140-3, *Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción*

No existe documento normativo nacional

EN-ISO 354, *Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante* (ISO 354:2003)

NTE INEN ISO 354, *Acústico — Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante* (ISO 354:2003, IDT)

EN ISO 536, *Papel y cartón. Determinación del gramaje* (ISO 536:1995)

NTE INEN ISO 536, *Papel y cartón. Determinación del gramaje*

EN-ISO 717-1, *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo* (ISO 717-1:1996)

NTE INEN ISO 717-1, *Acústica — Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción — Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo* (ISO 717-1:2003, IDT)

CON LICENCIA DE USO PARA ÉRIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN © EN 2009. Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

Documento Normativo Internacional**Documento Normativo Nacional**

EN-ISO 12572, *Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua* (ISO12572:2001)

NTE INEN-ISO 12572, *Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios — Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua* (ISO12572:2001, IDT)

EN-ISO 20535, *Papel y cartón. Determinación de la absorción de agua. Método Cobb* (ISO 535:1991)

No existe documento normativo nacional

ISO 7892, *Elementos verticales de construcción — Ensayos de resistencia al impacto — Elementos de impacto y procedimientos generales de ensayo*

No existe documento normativo nacional

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 520:2004+A1

Agosto 2009

ICS 01.040.91; 91.100.10

Sustituye a EN 520:2004

Versión en español

Placas de yeso laminado
Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo

Gypsum plasterboards. Definitions, requirements and test methods.

Plaques de plâtre. Définitions, spécifications et méthodes d'essai.

Gipsplatten. Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2004-08-16 e incluye la Modificación 1 aprobada por CEN el 2009-07-20.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

© 2009 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 - Todos los derechos reservados

© UNE 2010 - Todos los derechos reservados

© INEN 2018

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	v
INTRODUCCIÓN	vi
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2 NORMAS PARA CONSULTA	1
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	2
4 ESPECIFICACIONES	6
5 MÉTODOS DE ENSAYO	11
6 VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD	28
7 DESIGNACIÓN DE LAS PLACAS DE YESO LAMINADO	30
8 MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE	31
ANEXO A (Informativo) PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS PARA ENSAYO	32
A.1 Generalidades	32
A.2 Procedimiento de toma de muestras	32
A.2.1 Toma de muestras aleatoria	32
A.2.2 Muestra representativa	32
ANEXO B (Normativo) {A1►} CONDICIONES PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS PLACAS DE YESO LAMINADO SEGÚN SU REACCIÓN AL FUEGO SIN NECESIDAD DE ENSAYOS ADICIONALES	33
B.0 Introducción	33
B.1 Aplicación en uso final	33
B.1.1 Generalidades	33
B.1.2 (Método 1) Fijación mecánica a una subestructura soporte	33
B.1.3 (Método 2) Fijación mecánica a un soporte macizo de madera	34
B.1.4 (Método 3) Fijación mecánica o pegado a un soporte macizo (sistema de trasdosado) {◀A1}	34
ANEXO C (Normativo) MONTAJE Y FIJACIÓN DE LAS PLACAS PARA ENSAYO SEGÚN LA NORMA EUROPEA EN 13823 (ENSAYO SBI)	36
C.0 Introducción	36
C.1 Aplicaciones generales	36
C.2 Aplicaciones con limitaciones debidas al relleno de juntas	38
C.3 Aplicaciones con limitaciones debidas a los soportes a base de madera {◀A1}... 38	38
ANEXO ZA (Informativo) CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELATIVOS A LOS REQUISITOS ESENCIALES DE LA DIRECTIVA DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA UE	40
ZA.1 Objeto, campo de aplicación y características relativas a los requisitos esenciales	40
ZA.2 Verificación y declaración de la conformidad de las placas de yeso laminado	42
ZA.3 Marcado CE y etiquetado	45
BIBLIOGRAFÍA	48

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

© EN 2009 - Todos los derechos reservados

© UNE 2010 - Todos los derechos reservados

© INEN 2018

PRÓLOGO

Esta Norma EN 520:2004+A1:2009 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 241 Yeso y *productos de yeso*, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de febrero de 2010, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de febrero de 2010.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es (son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma incluye la Modificación 1, aprobada por CEN el 2009-07-20.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 520:2004.

El comienzo y el final del texto introducido o modificado se indican por los símbolos {A1▶} {◀A1}.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

La relación con las Directivas UE se recoge en el anexo informativo ZA, que forma parte integrante de esta norma.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

INTRODUCCIÓN

Las placas de yeso laminado están formadas por un alma de yeso íntimamente ligada a dos láminas de cartón para formar placas rectangulares y lisas. {A1▶} La composición de las placas de yeso laminado las hacen especialmente adecuadas para su utilización cuando se requiere protección al fuego y aislamiento térmico y acústico. {◀A1}

Las placas de yeso laminado se pueden fijar mediante distintos sistemas, por ejemplo, por clavado, atornillado o pegado con adhesivo a base de yeso o con otros adhesivos. También pueden incorporarse a un sistema de falsos techos suspendidos.

En función de su utilización, las placas de yeso laminado se seleccionan según su tipo, tamaño, espesor y perfil del borde. Las placas pueden usarse, por ejemplo, como trasdosados de muros, de techos fijos y suspendidos, de tabiques, o para revestimiento de pilares y vigas. También pueden emplearse para suelos y como aplicaciones en exteriores.

Los diagramas 1 y 2 muestran la relación entre esta norma y el conjunto de normas preparadas para los materiales a base de yeso y materiales auxiliares.

{A1▶}

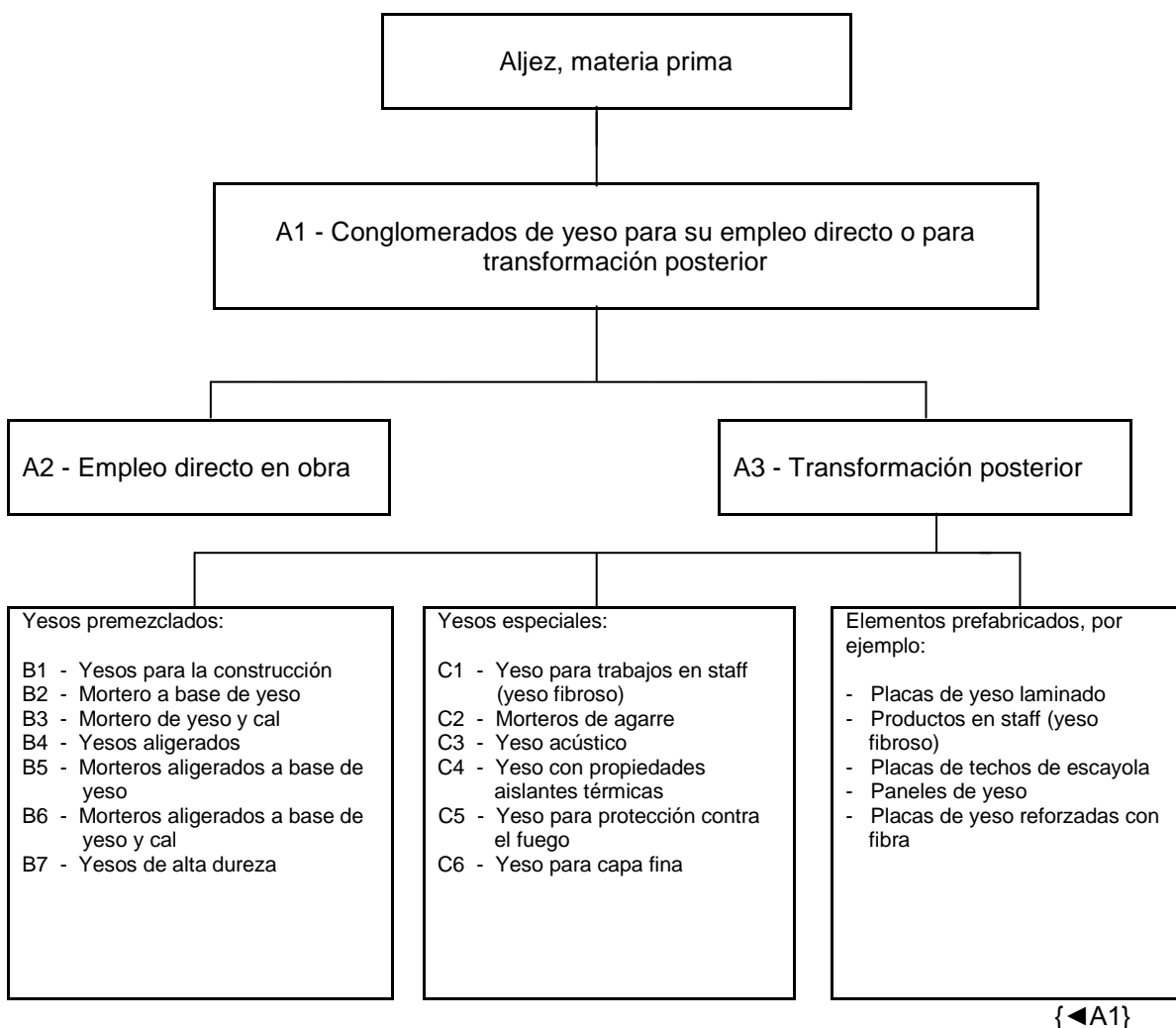
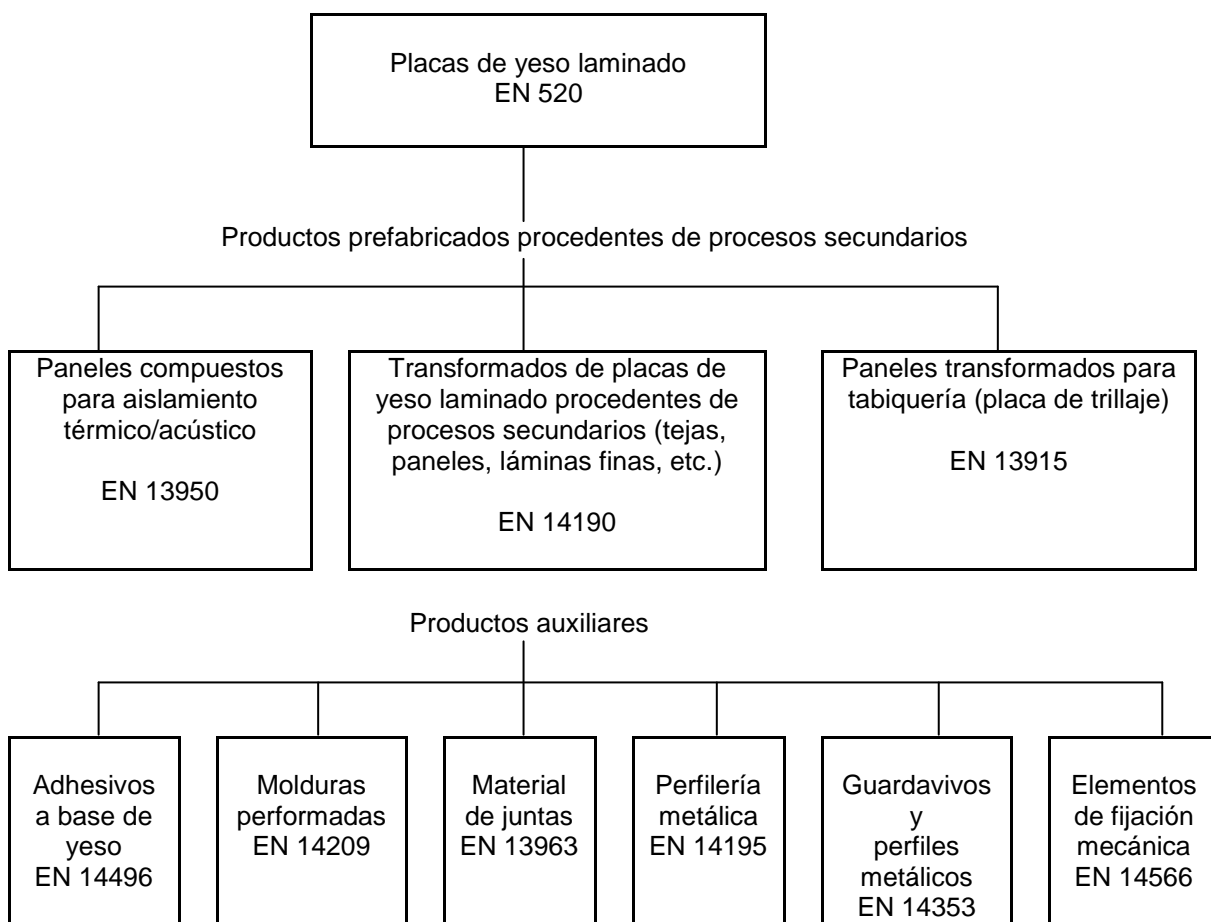


Diagrama 1 - Familia de los productos a base de yeso

{A1▶}



{◀A1}

Diagrama 2 - Familia de productos auxiliares

Placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma especifica las características y las prestaciones de las placas de yeso laminado para su uso en trabajos de construcción, incluyendo las que se prevé someter a una transformación secundaria. Incluye las placas diseñadas para recibir decoración superficial o enlucido de yeso.

Esta norma contempla las siguientes características del producto: reacción al fuego, permeabilidad al vapor de agua, resistencia a flexión (carga de rotura), resistencia al impacto y resistencia térmica.

Las siguientes características de funcionamiento están vinculadas a sistemas formados con placas de yeso laminado: resistencia al esfuerzo cortante, resistencia al fuego, resistencia al impacto, aislamiento directo al ruido aéreo, y absorción acústica que deben determinarse de acuerdo con los correspondientes métodos de ensayo europeos. En caso necesario los ensayos deberían realizarse sobre sistemas ensamblados que reproduzcan las condiciones finales de uso.

Esta norma también contempla características técnicas adicionales que son de importancia para la utilización y aceptación del producto por parte de la industria de la construcción y los métodos de ensayo de referencia para comprobar estas características.

Esta norma proporciona los criterios para la verificación de la conformidad del producto con respecto a la misma.

Esta norma no contempla las placas de yeso laminado que se hayan sometido a cualquier transformación secundaria (por ejemplo, placas con aislantes, placas de yeso laminado con laminación fina, etc.)

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 336 *Madera estructural. Dimensiones y tolerancias.*

EN 338 *Madera estructural. Clases resistentes.*

EN 1995-1-1 *Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.*

EN 12114 *Prestaciones térmicas de los edificios. Permeabilidad al aire de componentes y elementos de los edificios. Método de ensayo de laboratorio.*

EN 12524 *Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores de diseño tabulados.*

EN 12664 *Materiales de construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente guardada y el método del medidor del flujo de calor. Productos secos y húmedos de baja y media resistencia térmica.*

EN 13501-1 *Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.*

DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

EN 13501-2 *Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.*

EN 13823 *Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción excluyendo revestimientos de suelos expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo.*

{A1▶} EN 13963 {◀A1} *Material para juntas para placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.*

EN 14195 *Perfilería metálica para su uso en sistemas de placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*

{A1▶} EN 14566 {◀A1} *Elementos de fijación mecánica para sistemas de placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.*

EN ISO 140-3 *Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción.*

EN ISO 354 *Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante. (ISO 354:2003)*

EN ISO 536 *Papel y cartón. Determinación del gramaje. (ISO 536:1995).*

EN ISO 717-1 *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. (ISO 717-1:1996).*

EN ISO 12572 *Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua. (ISO 12572:2001).*

EN ISO 20535 *Papel y cartón. Determinación de la absorción de agua. Método Cobb. (ISO 535:1991).*

ISO 7892 *Elementos verticales de construcción. Ensayos de resistencia al impacto. Elementos de impacto y procedimientos generales de ensayo.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 placa de yeso laminado:

Material formado por un alma de yeso embutida e íntimamente ligada a dos láminas de cartón fuerte para formar una placa rectangular lisa. Las superficies de cartón pueden variar en función de la utilización de cada tipo de placa, y el alma puede contener aditivos que le confieran propiedades adicionales. Los bordes longitudinales están recubiertos por el cartón y perfilados en función de las futuras aplicaciones.

3.1.1 borde longitudinal:

Lado longitudinal recubierto por el cartón.

3.1.2 borde transversal:

Lado transversal en el que aparece vista el alma de yeso.

3.1.3 cara:

Superficie de la placa en la que el cartón continúa hasta cubrir los bordes longitudinales.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

3.1.4 dorso:

Superficie enfrentada a la cara.

3.1.5 anchura:

Distancia más corta entre bordes longitudinales de la placa.

3.1.6 anchura nominal (w):

Anchura declarada por el fabricante.

3.1.7 longitud:

Distancia más corta entre los bordes transversales de la placa.

3.1.8 longitud nominal (l):

Longitud declarada por el fabricante.

3.1.9 espesor:

Distancia entre cara y dorso excluyendo los perfiles del borde longitudinal.

3.1.10 espesor nominal (t):

Espesor declarado por el fabricante.

3.1.11 ortogonalidad (s):

Grado de perpendicularidad de la placa.

3.2 Tipos de placas de yeso laminado**3.2.1 generalidades:**

Las prestaciones de los distintos tipos de placas de yeso laminado que se describen a continuación, pueden combinarse en una sola placa, en cuyo caso, en la designación de la placa se debe incluir la letra que identifique cada Tipo de prestación.

3.2.2 placa de yeso laminado de Tipo A:

Placa base de yeso laminado, en una de cuyas caras se puede aplicar un enlucido a base de yesos apropiados o un acabado decorativo. A efectos de identificación, estas placas se designan como de Tipo A.

3.2.3 placa de yeso laminado de Tipo H (placa de yeso laminado con capacidad de absorción de agua reducida):

Tipo de placas que llevan aditivos para reducir la capacidad de absorción de agua. Pueden ser adecuadas para aplicaciones especiales en las que se requieran propiedades de absorción de agua reducidas para mejorar las prestaciones de la placa. A efecto de identificación, estas placas se designan como Tipo H1, H2 y H3, en función de su capacidad de absorción de agua.

3.2.4 placa de yeso laminado de Tipo E (placa de yeso para exteriores):

Placas especialmente fabricadas para su utilización en revestimientos de paramentos exteriores. No se prevé su posterior decoración. No están diseñadas para permanecer expuestas permanentemente a condiciones ambientales exteriores. Este tipo de placa tiene una capacidad de absorción de agua reducida. La permeabilidad al vapor de agua debe ser mínima. A efectos de identificación, estas placas se designan como Tipo E.

3.2.5 placa de yeso laminado de Tipo F (placa de yeso laminado con la cohesión del alma mejorada a altas temperaturas):

Placas con una cara sobre la que se puede aplicar un enlucido a base de yesos apropiados o un acabado decorativo. Estas placas llevan incorporadas fibras minerales y/u otros aditivos en el alma de yeso para mejorar su cohesión a temperaturas altas. A efectos de identificación, estas placas se designan como Tipo F.

3.2.6 {A1▶} placa de yeso laminado de Tipo P:

Placas que tienen una cara preparada para recibir un enlucido de yeso, o para ser combinada mediante pegado a otros materiales con forma de placas o paneles. En el caso de placas destinadas a recibir un enlucido de yeso, los bordes son cuadrados o redondeados.

NOTA A efectos de identificación, estas placas se designan como Tipo P. {◀A1}

3.2.7 placas de yeso laminado de Tipo D (placa de yeso laminado con densidad controlada):

Placas que tienen una cara preparada para recibir un enlucido a base de yesos apropiados o un acabado decorativo. Tienen una densidad controlada que permite mejorar sus prestaciones para algunas aplicaciones. A efectos de identificación, estas placas se designan como de Tipo D.

3.2.8 placa de yeso laminado de Tipo R (placa de yeso laminado con resistencia mejorada):

Placas que se utilizan en aplicaciones especiales en las que se requiere una resistencia más elevada frente a cargas de rotura tanto en sentido longitudinal como transversal. Tienen una cara preparada para recibir un enlucido a base de yesos apropiados o un acabado decorativo. A efectos de identificación, estas placas se designan como de Tipo R.

{A1▶} 3.2.9 placa de yeso laminado de Tipo I (placas de yeso laminado con dureza superficial mejorada o de alta dureza):

Placas que se utilizan en aplicaciones en las que se requiere una mayor dureza superficial. Tienen una cara preparada para recibir un enlucido a base de yesos apropiados o un acabado decorativo. A efectos de identificación, estas placas se designan como de Tipo I.

3.3 Perfiles de bordes longitudinales y transversales en las placas de yeso laminado {◀A1}

Los bordes longitudinales recubiertos de cartón de las placas de yeso laminado son cuadrados, biselados, afinados, semirredondeados o redondeados, o una combinación de varios (véanse los ejemplos de las figuras 1 a 6).

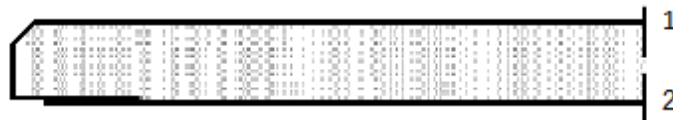
{A1▶} *texto eliminado* {◀A1}

{A1▶}



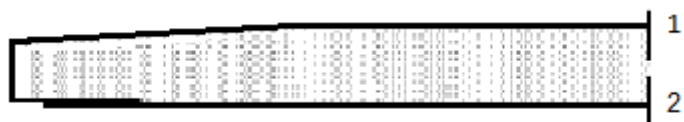
Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 1 – Borde longitudinal cuadrado



Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 2 – Borde longitudinal biselado



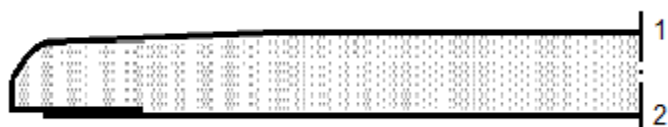
Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 3 – Borde longitudinal afinado



Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 4 – Borde longitudinal semirredondeado



Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 5 – Borde longitudinal semirredondeado afinado



Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 6 – Borde longitudinal redondeado {◀A1}


3.4 {A1▶} Símbolos y abreviaturas

Con objeto de simplificar el marcado y la información sobre el comportamiento del producto, las características pueden identificarse mediante los símbolos y abreviaturas indicadas en la tabla 1.

Tabla 1 – Símbolos y abreviaturas

Requisito	Apartado	Símbolo o abreviatura
Reacción al fuego	4.2.1	R2F
Resistencia al esfuerzo cortante	4.1.1	↑↓
Factor de vapor de agua	4.4	μ
Conductividad térmica	4.7	λ
Resistencia al fuego	4.2.2	FR

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN DE USO PARA ERIKA FARIAS LA FREIRE QUINGA, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

Resistencia al impacto	4.3	→I
Resistencia a flexión	4.1.2	F
Absorción acústica	4.6.2	α
Aislamiento al ruido	4.6.1	R
Véase la documentación		 www.empresa.com

{◀A1}

4 ESPECIFICACIONES

4.1 Características mecánicas

4.1.1 Resistencia al esfuerzo cortante (resistencia de la unión placa/subestructura)

Cuando el uso previsto de las placas de yeso laminado sea la rigidización de las estructuras entramadas de madera para construcción (por ejemplo muros, tabiques, estructuras de cubierta, etc.), el esfuerzo cortante convencional de la placa de yeso laminado se debe determinar según lo especificado en el método de ensayo descrito en el apartado 5.13.

NOTA Debería señalarse que este ensayo no mide el esfuerzo cortante real de la placa sino más bien la resistencia de la unión entre la placa y la subestructura, que es la característica relevante para esta aplicación.

4.1.2 Resistencia a flexión (expresada como carga de rotura a flexión)

4.1.2.1 La carga de rotura a flexión de las placas de yeso laminado tipos A, D, E, F, H e I, determinada según el método de ensayo descrito en el apartado 5.7, no debe ser inferior a los valores indicados en la {A1▶} tabla 2.{◀A1}.

Además, ningún resultado individual del producto debe ser inferior en más de un 10% a los valores indicados en la {A1▶} tabla 2 {◀A1}.

{A1▶} Tabla 2 {◀A1} – Carga de rotura a flexión de las placas de yeso laminado (Tipos A, D, E, F, H, I)

Espesor	Espesor nominal de la placa mm	Carga de rotura a flexión N	
		Sentido transversal	Sentido longitudinal
Común	9,5	160	400
	12,5	210	550
	15,0	250	650
Otros espesores	t	$16,8 \cdot t$	$43 \cdot t$

4.1.2.2 La carga de rotura a flexión de las placas con resistencia mejorada tipo R, o su combinación, determinada según lo especificado en el método de ensayo descrito en el apartado 5.7, no debe ser inferior a los valores indicados en la {A1▶} tabla 3 {◀A1}

Además, ningún resultado individual del producto debe ser inferior en más de un 10% a los valores indicados en la {A1▶} tabla 3 {◀A1}

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN © EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

{A1▶} Tabla 3 {◀A1} – Carga de rotura a flexión de placas de yeso laminado con resistencia mejorada (Tipo R o su combinación)

Espesor	Espesor nominal de la placa mm	Carga de rotura a flexión N	
		Sentido transversal	Sentido longitudinal
Común	12,5	300	725
	15,0	360	870
Otros espesores	t	$24 \cdot t$	$58 \cdot t$

4.1.2.3 La carga de rotura a flexión de las placas (Tipo P), determinada según lo especificado en el apartado 5.7, no debe ser inferior a los valores indicados en la {A1▶} tabla 4 {◀A1}.

Además, ningún resultado individual del producto debe ser inferior en más de un 10% a los valores indicados en la {A1▶} tabla 4 {◀A1}.

{A1▶} Tabla 4 {◀A1} – Carga de rotura a flexión para las placas base de yeso (Tipo P)

Espesor nominal de la placa mm	Carga de rotura a flexión N	
	Sentido transversal	Sentido longitudinal
9,5	125	180
12,5	165	235

4.1.3 Deformación bajo carga

Cuando sea necesario, la deformación bajo carga se debe determinar según el método de ensayo descrito en el apartado 5.8.

4.2 Comportamiento frente al fuego

4.2.1 Reacción al fuego

Cuando la placa base esté sometida a especificaciones reglamentarias, se debe o bien clasificar como sin necesidad de ensayos adicionales según las disposiciones del anexo B, o se debe ensayar y clasificar de acuerdo con la Norma EN 13501-1.

Las placas de yeso laminado ensayadas según la Norma EN 13823 (ensayo SBI) se deben montar y fijar según lo indicado en el anexo C; cuando el fabricante desee poner de manifiesto una determinada prestación para una utilización determinada, el montaje y la fijación deben ser representativos de dicha utilización.

Cuando sea necesario, el gramaje del cartón se debe ensayar según la Norma EN ISO 536.

4.2.2 Resistencia al fuego

NOTA La resistencia al fuego es una característica de un sistema y no del producto en sí.

Cuando sea necesario, la resistencia al fuego de un sistema que incluya placas de yeso laminado se debe determinar y clasificar de acuerdo con lo indicado en la Norma EN 13501-2.

4.3 Resistencia al impacto

NOTA La resistencia al impacto es una característica de un sistema y no del producto en sí.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

Cuando sea necesario, la resistencia al impacto de un sistema que incluya placas de yeso laminado se debe determinar según lo especificado en la Norma ISO 7892.

4.4 Permeabilidad al vapor de agua (expresada como factor de resistencia al vapor de agua)

Cuando el uso previsto de las placas de yeso laminado sea el de controlar la difusión de la humedad, se pueden emplear los valores tabulados de resistencia al vapor de agua de la placa incluidos en la Norma EN 12524.

Como alternativa, se debe determinar el factor de resistencia al vapor empleando el método descrito en la Norma EN ISO 12572.

4.5 Permeabilidad al aire

Cuando el uso previsto de las placas de yeso laminado sea el recubrimiento de muros exteriores, se puede utilizar el valor de diseño de $1,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ para determinar la permeabilidad al aire de la placa de yeso laminado.

Cuando sea necesario, la permeabilidad al aire se debe determinar según lo especificado en la Norma EN 12114.

4.6 Propiedades acústicas

4.6.1 Aislamiento directo al ruido aéreo

NOTA El aislamiento directo al ruido aéreo es una característica de un sistema y no del producto en sí.

Cuando sea necesario, el aislamiento directo al ruido aéreo de un sistema que incluya placas de yeso laminado se debe determinar según lo especificado en las Normas EN ISO 140-3 y EN ISO 717-1.

4.6.2 Absorción acústica

NOTA La absorción acústica es una característica de un sistema y no del producto en sí.

Cuando el uso previsto de las placas de yeso laminado sea el acondicionamiento acústico, se debe determinar la absorción acústica según lo especificado en la Norma EN ISO 354.

4.7 Resistencia térmica (expresada como conductividad térmica)

Cuando el uso previsto de las placas de yeso laminado sea el de contribuir a la resistencia térmica de un edificio (paredes, tabiques, techos, etc.), se pueden utilizar los valores de diseño de la conductividad térmica de las placas de yeso laminado indicados en la Norma EN 12524.

Cuando sea necesario, la conductividad térmica se debe determinar según lo indicado en la Norma EN 12664.

4.8 Sustancias reglamentadas

Los materiales utilizados en los productos no deben emitir ninguna sustancia reglamentada en niveles superiores a los máximos permitidos indicados en la correspondiente norma del material, o a los permitidos por la reglamentación nacional del Estado Miembro al que vaya destinado.

NOTA EXPLICATIVA INEN. Las disposiciones de las sustancias reglamentadas deben sujetarse a la reglamentación del país de destino.

4.9 Dimensiones y tolerancias

4.9.1 {A1►} Placas de yeso laminado (Tipo P) {◄A1}

4.9.1.1 Anchura

NOTA Los valores de anchura nominal más corrientes son: 400 mm, 600 mm, 900 mm y 1 200 mm. También son posibles otras anchuras.

La anchura debe medirse según lo indicado en el apartado 5.2 y se debe comparar con la anchura nominal.

La tolerancia debe estar comprendida entre $\begin{matrix} 0 \\ -8 \end{matrix}$ mm.

4.9.1.2 Longitud

NOTA Las longitudes nominales más corrientes son: 1 200 mm, 1 500 mm, 1 800 mm y 2 000 mm. También son posibles otras longitudes.

La longitud debe medirse según lo indicado en el apartado 5.3 y se debe comparar con la longitud nominal.

La tolerancia debe estar comprendida entre $\begin{matrix} 0 \\ -6 \end{matrix}$ mm.

4.9.1.3 Espesor

NOTA Los espesores nominales más corrientes son 9,5 mm y 12,5 mm.

El espesor debe medirse según lo indicado en el apartado 5.4 y se debe comparar con el espesor nominal.

{A1►} La tolerancia debe estar comprendida entre $\begin{matrix} +0,6 \\ -0,6 \end{matrix}$ mm. {◄A1}

4.9.2 Placas de yeso laminado de Tipos A, H, D, E, F, I, R, o combinadas

4.9.2.1 Anchura

NOTA Los valores nominales de anchura más corrientes son: 600 mm, 625 mm, 900 mm, 1 200 mm y 1 250 mm. También son posibles otras anchuras.

La anchura debe medirse según lo indicado en el apartado 5.2 y se debe comparar con la anchura nominal.

La tolerancia debe estar comprendida entre $\begin{matrix} 0 \\ -4 \end{matrix}$ mm para cada medición individual.

4.9.2.2 Longitud

La longitud debe medirse según lo indicado en el apartado 5.3 y se debe comparar con la longitud nominal.

La tolerancia debe estar comprendida entre $\begin{matrix} 0 \\ -5 \end{matrix}$ mm para cada medición individual.

4.9.2.3 Espesor

NOTA Los espesores nominales más corrientes son 9,5 mm, 12,5 mm y 15 mm. También son posibles otros espesores.

El espesor nominal mínimo debe ser de 6 mm.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

El espesor debe medirse según lo indicado en el apartado 5.4 y se debe comparar con el espesor nominal.

{A1▶} La tolerancia para placas cuyo espesor nominal sea menor de 18 mm debe estar

comprendido entre $\begin{matrix} + 0,5 \\ - 0,5 \end{matrix}$ mm {◀A1}.

{A1▶} La tolerancia para las placas cuyo espesor sea igual o mayor de 18 mm debe estar

comprendido entre $\begin{matrix} + 0,04 \\ - 0,04 \end{matrix}$ x espesor en mm, redondeado a 0,1 mm. {◀A1}.

La diferencia entre las medidas individuales del espesor en cualquier placa no debe ser superior a 0,8 mm.

4.9.2.4 Ortogonalidad de los bordes transversales

La desviación de la ortogonalidad, determinada según lo indicado en el apartado 5.5, no debe ser superior a 2,5 mm por metro de anchura.

4.9.2.5 Perfiles de los bordes longitudinales y transversales

Los perfiles de los bordes longitudinales y transversales finales pueden variar mucho en función del sistema de juntas que se utilice y de consideraciones decorativas y estéticas. Se exceptúan los perfiles con borde longitudinal afinado y con borde longitudinal semirredondeado afinado.

Para los perfiles con bordes longitudinales afinados y semirredondeados afinados, cuando se miden según lo indicado en el apartado 5.6, cada lectura individual debe estar comprendida entre los límites siguientes:

- profundidad de afinado del borde: entre 0,6 mm y 2,5 mm;
- anchura del afinado del borde: entre 40 mm y 80 mm.

4.10 Especificaciones adicionales para las placas de yeso laminado de Tipos H1, H2 y H3 (con capacidad de absorción de agua reducida)

{A1▶} La absorción superficial de agua de la placa de Tipo H, tanto por el dorso como por la cara, determinada según el método indicado en el apartado 5.9.1, no debe ser mayor que los valores indicados en la tabla 5.

La absorción total de agua de las placas, determinada según el método indicado en el apartado 5.9.2, no debe ser mayor que los valores indicados en la tabla 5.

Tabla 5 – Clases de absorción de agua

Clases de absorción de agua	Absorción de agua superficial g/m ²	Absorción total de agua %
H1	180	≤ 5
H2	220	≤ 10
H3	300	≤ 25

{◀A1}

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

4.11 Especificaciones adicionales para placas de yeso laminado de Tipo E (placas para exteriores)

Este tipo de placas debe cumplir las especificaciones de las placas de Tipo H1, H2, o H3.

El factor de la resistencia al vapor de agua de las placas de Tipo E, determinada según el método indicado en la Norma EN ISO 12572, no debe ser mayor de 25.

4.12 Especificaciones adicionales para placas de yeso laminado de Tipo F (con la cohesión del alma de yeso mejorada a alta temperatura)

Cuando una placa de yeso laminado de Tipo F (o su combinación) se somete al ensayo descrito en el apartado 5.10, ninguna de las seis probetas se debe romper.

4.13 Especificaciones adicionales para placas de yeso laminado de Tipo D (con densidad controlada)

La densidad de la placa de yeso laminado de Tipo D (o su combinación), determinada según lo indicado en el apartado 5.11, debe ser como mínimo de $0,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

4.14 Especificaciones adicionales para placas de yeso laminado de Tipo I (con dureza superficial mejorada o de alta dureza)

La dureza superficial de la placa de yeso laminado de Tipo I (o su combinación) se determina midiendo el diámetro de la huella producida en la superficie cuando se ensaya según el método de ensayo descrito en el apartado 5.12.

El diámetro de la huella no debe ser superior a 15 mm.

5 MÉTODOS DE ENSAYO

5.1 Toma de muestras

Para realizar los ensayos indicados en los apartados 5.2 a 5.6 se debe disponer de tres placas de cada tipo y espesor.

Los ensayos descritos en los apartados 5.7 a 5.12 se deben realizar sobre probetas extraídas de las tres placas indicadas anteriormente.

5.2 Determinación de la anchura

5.2.1 Principio

La anchura debe medirse en 3 puntos situados a lo largo de la longitud de la placa.

5.2.2 Aparatos

Regla de metal o cinta métrica graduada que permita una lectura de 1 mm.

5.2.3 Procedimiento

Se toman tres mediciones entre los extremos de las placas (véase la figura 7) con una precisión de 1 mm, una cerca de cada uno de los bordes transversales y otra en el centro de la placa.

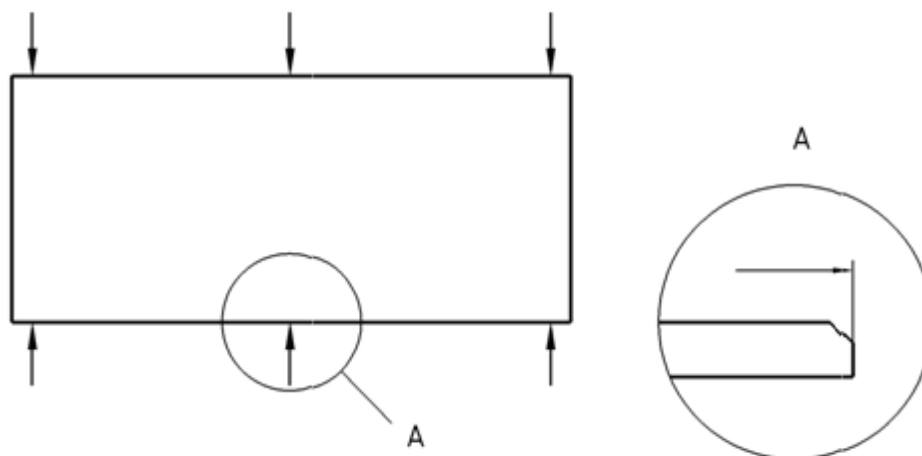


Figura 7 – Determinación de la anchura

5.2.4 Expresión de los resultados

Se debe registrar cada valor medido en mm.

5.3 Determinación de longitud

5.3.1 Principio

La longitud debe medirse en 3 puntos situados a lo largo de la anchura de la placa.

5.3.2 Aparatos

Regla de metal o cinta métrica graduada que permite una lectura de 1 mm.

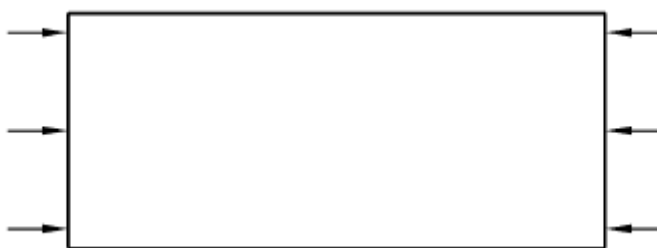


Figura 8 – Determinación de la longitud

5.3.3 Procedimiento

Se toman tres mediciones entre los extremos de la placa (véase la figura 8) redondeando a 1 mm, una cerca de cada uno de los bordes transversales y otra en el centro de la placa.

5.3.4 Expresión de los resultados

Se debe registrar cada valor medido en mm y compararlo con la longitud nominal de la placa.

5.4 Determinación del espesor

5.4.1 Principio

El espesor de la placa debe medirse en 6 puntos situados cerca de uno de los bordes transversales.

5.4.2 Aparatos

Micrómetro, galgas, o calibres de diámetro mínimo de a 10 mm, y que permite una lectura de 0,1 mm.

5.4.3 Procedimiento

Se realizan seis mediciones (véase la figura 9) redondeando al 0,1 mm a lo largo de un borde transversal, a intervalos aproximadamente iguales a lo largo de la anchura, y al menos a 25 mm del borde transversal y 100 mm de los bordes longitudinales. Para las placas cuyo ancho nominal sea inferior a 600 mm, debe ser suficiente con realizar tres mediciones.

Medidas en milímetros

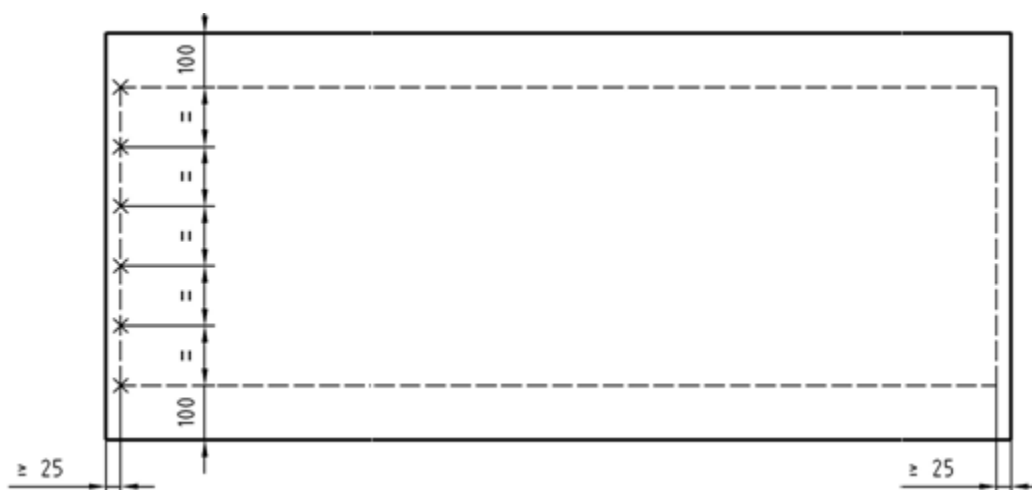


Figura 9 – Determinación del espesor

5.4.4 Expresión de los resultados

Se registra, redondeando al 0,1 mm, la media de los valores obtenidos para cada placa.

5.5 Determinación de la ortogonalidad de las aristas

5.5.1 Principio

Se deben comparar dos placas entre sí y se debe medir la ortogonalidad de las aristas.

5.5.2 Aparatos

Regla de metal o cinta métrica graduada que permita una lectura de 1 mm.

5.5.3 Procedimiento

Se coloca una placa encima de otra de forma que coincidan a lo largo de un borde longitudinal y en una esquina (señalada con un círculo en la figura 10).

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
 © UNE 2010 – Todos los derechos reservados
 © INEN 2018

Se mide redondeando a 1 mm la distancia Δ_1 (véase la figura 10) entre los extremos de dos bordes longitudinales opuestos.

Se da la vuelta a la placa superior de forma que los mismos bordes transversales coincidan como en la primera medición y se comprueba que la esquina de la placa superior coincide con la esquina del borde de la placa inferior utilizada en la primera medición (señalada en un círculo en la figura 10). Se mide la nueva distancia Δ_2 entre los extremos de los bordes longitudinales opuestos.

Como hay tres placas, una de ellas se debe utilizar dos veces.

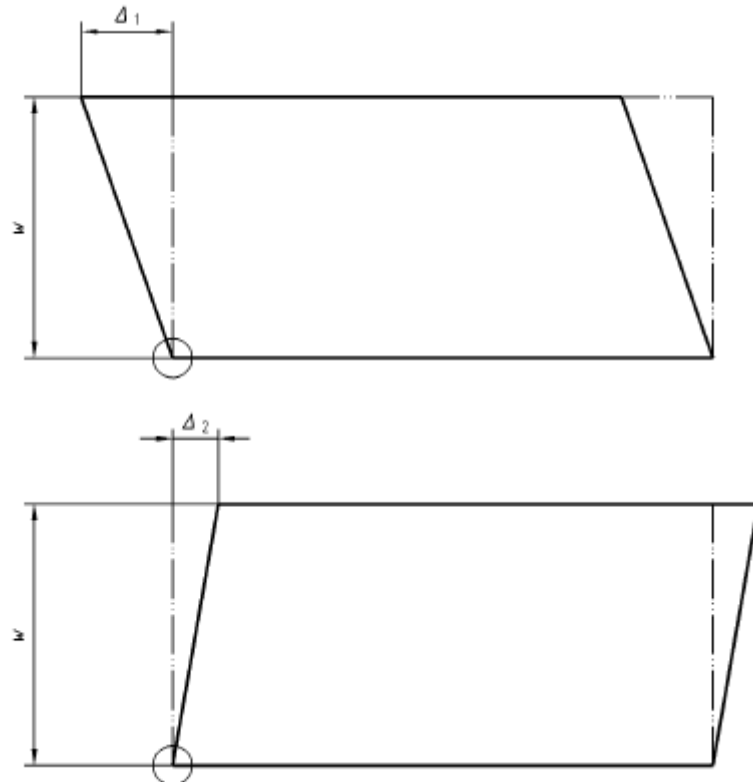


Figura 10 – Determinación de la ortogonalidad de las aristas

5.5.4 Expresión de resultados

Para una de las placas, la ortogonalidad de las aristas viene determinada por la expresión

$\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2w}$, y para la otra, por la expresión, $\frac{\Delta_2 - \Delta_1}{2w}$, expresada en milímetros por metro.

5.6 Determinación del perfil afinado

5.6.1 Anchura del afinado del borde

5.6.1.1 Principio

Se debe colocar una regla de metal plana sobre la cara de la placa y por encima de la zona afinada.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

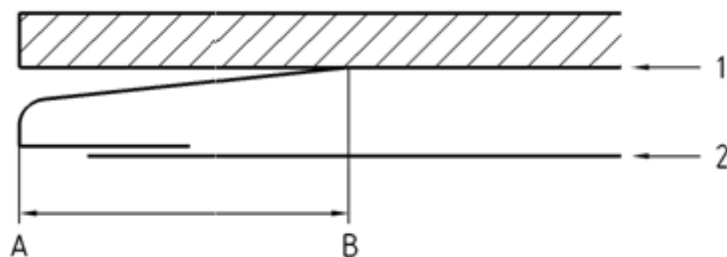
5.6.1.2 Aparatos

Regla de metal plana de longitud superior a 250 mm, que permita una lectura de 1 mm.

5.6.1.3 Procedimiento

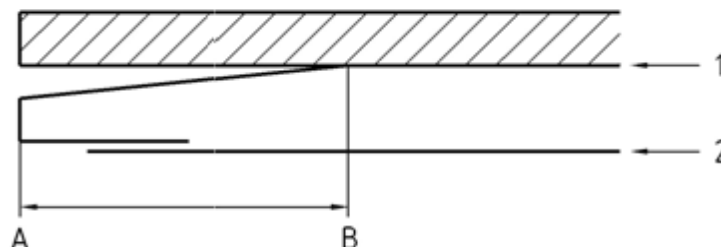
Se mide la anchura del afinado de cada borde longitudinal a $300 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$ de cada borde transversal.

Se determina la anchura del afinado (AB) apoyando una regla de metal sobre la cara de la placa de forma paralela al borde transversal tal como se indica en la figura 12 para el caso de placas con bordes afinados, y como se indica en la figura 11 en el caso placas con bordes semirredondeados.



Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 11 – Determinación de la anchura del afinado del borde. Bordes afinados semirredondeados



Leyenda
1 Cara
2 Dorso

Figura 12 – Determinación de la anchura del afinado del borde. Borde afinado

5.6.1.4 Expresión de los resultados

Se registra como anchura del afinado del borde la distancia en milímetros entre el borde longitudinal de la placa (punto A) y el punto B en el que la regla toca la cara de la placa (dos mediciones por placa).

5.6.2 Profundidad del afinado del borde

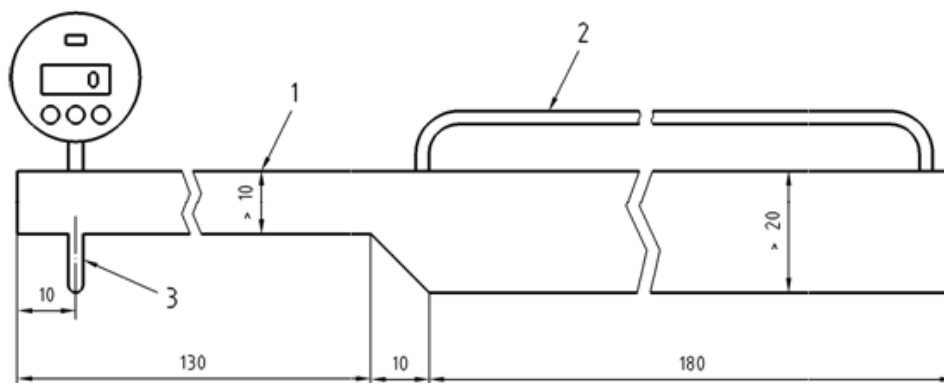
5.6.2.1 Principio

La profundidad del afinado del borde se debe determinar mediante un indicador especial.

5.6.2.2 Aparatos

Galga montada sobre un dispositivo de medición especial como el indicado en la figura 13, que permite lecturas de 0,01 mm.

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Anchura como mínimo de 25 mm
- 2 Asa
- 3 Diámetro entre 2 mm y 5 mm con extremo semiesférico

Figura 13 – Dispositivo para la determinación de la profundidad del afinado del borde

5.6.2.3 Procedimiento

Se mide la profundidad del afinado del borde en cada borde longitudinal a $300 \text{ mm} \pm 50 \text{ mm}$ de cada borde transversal. Se coloca la placa sobre una superficie plana. Se coloca el dispositivo de medición sobre la cara de la placa, con el indicador a 150 mm del borde longitudinal y se ajusta a cero. Se desplaza el dispositivo hacia el borde longitudinal y se toma una lectura a una distancia de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ del borde longitudinal para el caso de las placas de borde afinado, y a $20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ para las placas de borde semirredondeado afinado.

5.6.2.4 Expresión de resultados

Se registra cada medición de la profundidad del afinado del borde redondeando al 0,1 mm.

5.7 Determinación de la resistencia a flexión (carga de rotura a flexión)

5.7.1 Principio

La resistencia a flexión de las placas de yeso laminado se debe caracterizar mediante su carga de rotura a flexión.

Las probetas de $400 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ cortadas de las placas, se deben someter a una carga que se incrementa de forma controlada hasta que se produzca la rotura.

5.7.2 Aparatos

Dispositivo de carga con una precisión del 2%, capaz de aplicar la carga necesaria a una velocidad de $(250 \pm 125) \text{ N/min}$.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

5.7.3 Procedimiento

5.7.3.1 Preparación de las probetas

De cada una de las placas se cortan dos probetas rectangulares de dimensiones $(400 \pm 1,5)$ mm \times $(300 \pm 1,5)$ mm (véase la figura 14).

Una de las probetas se corta en sentido longitudinal (identificada con la letra L) y la otra en sentido transversal (identificada con la letra T) (véase la figura 14).

Las probetas se cortan a una distancia no menor de 100 mm de los bordes longitudinales y transversales de la placa, excepto en el caso de que la anchura de las placas sea menor de 600 mm, en cuyo caso se puede reducir la distancia al borde longitudinal, que debe ser la misma en cada uno de los lados de la muestra.

Las probetas se desecan hasta masa constante¹⁾ a (40 ± 2) °C y se realiza el ensayo antes de que transcurran 10 min después de haber sacado las probetas de la estufa.

5.7.3.2 Ensayo

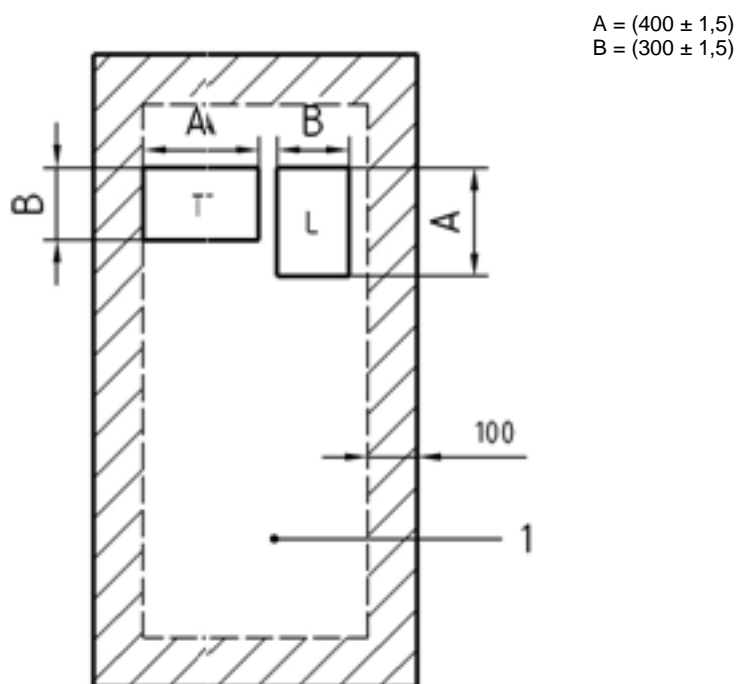
Se coloca cada probeta en el dispositivo de carga, con la cara hacia abajo en el caso de las probetas cortadas en la dirección longitudinal de la placa, y con la cara hacia arriba en el caso de las probetas cortadas en dirección transversal, sobre dos apoyos cilíndricos paralelos cuyo radio esté comprendido entre 3 mm y 15 mm, con una separación entre ejes de (350 ± 1) mm.

Se aplica la carga a una velocidad de (250 ± 125) N/min en el centro ± 2 mm del vano, de forma paralela a los apoyos, por medio de un rodillo cilíndrico de radio comprendido entre 3 mm y 15 mm. Se registra cada valor de la carga de rotura con una precisión de 1 Newton.

El tiempo transcurrido entre la aplicación de la carga y el momento en que se produce la rotura debe ser superior a 20 s.

1) Se define masa constante como el resultado de dos pesadas sucesivas, realizadas con una diferencia de 24 h, en los que se produce una diferencia menor del 0,1%.

Medidas en milímetros



Leyenda

1 Zona para cortar otras muestras

Figura 14 – Toma de muestras de probetas para la determinación de la carga de rotura a flexión (ejemplo para una placa de 1 200 mm de anchura)

5.7.4 Expresión de los resultados

Se registra cada valor individual y se calcula la carga de rotura a flexión como la media de los tres valores obtenidos tanto para las probetas transversales (T) como para las longitudinales (L).

5.8 Determinación de la deformación bajo carga

El ensayo debe ser el mismo que se utiliza para determinar la carga de rotura a flexión pero se debe registrar de forma continua la deformación en función de la carga aplicada.

Se calcula la deformación media bajo carga de las tres probetas longitudinales (L) y de las tres probetas transversales (T) como la media de los valores registrados para cualquier carga.

5.9 Determinación de la capacidad de absorción de agua

5.9.1 Capacidad de absorción superficial de agua

5.9.1.1 Principio

Se debe exponer la superficie de una muestra acondicionada al agua a (23 ± 2) °C durante un tiempo dado, y se debe determinar el aumento de masa.

5.9.1.2 Aparatos

- a) balanza que permita una lectura de 0,01 g;
- b) reloj o cronómetro que permita una lectura de 1 min;

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

- c) aparato de Cobb conforme a la Norma EN 20535 con un cilindro de 25 mm de altura.

5.9.1.3 Procedimiento

Se cortan dos probetas de $(125 \pm 1,5)$ mm x $(125 \pm 1,5)$ mm de cada placa, una para ensayar la cara y la otra para ensayar el dorso. Las probetas se acondicionan hasta masa constante²⁾ a (23 ± 2) °C y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa y se procede a realizar el ensayo de forma inmediata.

Se pesa la probeta al 0,01 g y se coloca en el aparato de Cobb (100 cm²) que previamente se ha acondicionado a (23 ± 2) °C, con el lado que debe ser expuesto al agua hacia arriba. Se llena el anillo del aparato con agua a (23 ± 2) °C hasta que la superficie de ensayo de la probeta esté cubierta por 25 mm de agua.

Se deja la probeta durante $2 \text{ h} \pm 2 \text{ min}$ dentro del aparato, se vacía el agua del mismo y se saca la probeta.

Se elimina inmediatamente el exceso de agua con un papel secante y se vuelve a pesar la probeta redondeando al 0,01 g.

5.9.1.4 Expresión de los resultados

Se calcula la diferencia (en gramos) entre la masa en seco y en húmedo de cada probeta.

Se calcula la diferencia media en masa tanto para la cara como para el dorso y se multiplica por 100. Se registra este valor como la absorción superficial de la cara o del dorso de la placa de yeso laminado expresada en g/m².

5.9.2 Absorción total de agua

5.9.2.1 Principio

Las probetas acondicionadas (como se indica en el apartado 5.9.1.3) se sumergen en agua a (23 ± 2) °C y se determina el porcentaje de aumento de masa.

5.9.2.2 Aparatos

- balanza que permita una lectura de 0,1 g;
- baño de agua a (23 ± 2) °C del tamaño adecuado para contener la probeta.

5.9.2.3 Procedimiento

Se corta una probeta de $(300 \pm 1,5)$ mm x $(300 \pm 1,5)$ mm de cada placa aproximadamente a la mitad entre los bordes longitudinales y a una distancia de los bordes transversales no menor de 150 mm. {A1►} *texto eliminado* {◄A1}

Se acondicionan las probetas hasta masa constante³⁾ a (23 ± 2) °C y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa, se pesan redondeando al 0,1 g, y se procede a realizar el ensayo inmediatamente.

Se sumerge la probeta en un baño de agua a (23 ± 2) °C y se cubre con 25 mm a 35 mm de agua durante $2 \text{ h} \pm 2 \text{ min}$.

La probeta se coloca en posición horizontal sin que apoye en el fondo del recipiente.

2) Se define la masa constante como aquella que se alcanza cuando dos pesadas, realizadas con un intervalo de 24 h entre sí, difieren en menos de un 0,1%.

3) Se define la masa constante como aquella que se alcanza cuando dos pesadas, realizadas con un intervalo de 24 h entre sí, difieren en menos de un 0,1%.

Después de extraer la probeta del baño, se elimina el exceso de agua de la superficie y de los bordes de la probeta y se pesa inmediatamente redondeando al 0,1 g.

5.9.2.4 Expresión de los resultados

Se calcula el aumento de masa de cada probeta como un porcentaje de la masa inicial. Como valor de absorción de agua se registra el porcentaje medio de aumento de masa de cada placa de yeso laminado.

5.10 Determinación de la cohesión del alma a alta temperatura

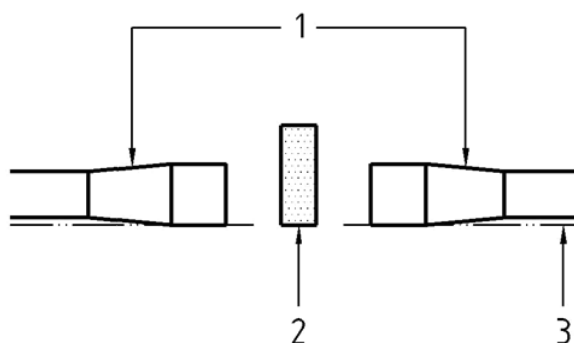
5.10.1 Principio

Se debe aplicar un momento flector a la probeta calentada entre dos quemadores. Al calentar, el momento flector provoca la deformación de la placa. Cuando la deformación es completa, se debe analizar la probeta para ver si ha roto.

5.10.2 Aparatos

5.10.2.1 Quemadores Meker

El diámetro de la boquilla debe ser de (29 ± 1) mm y el del orificio de salida del gas de $(0,75 \pm 0,05)$ mm.



Leyenda

- 1 Quemadores
- 2 Probeta
- 3 Alineación

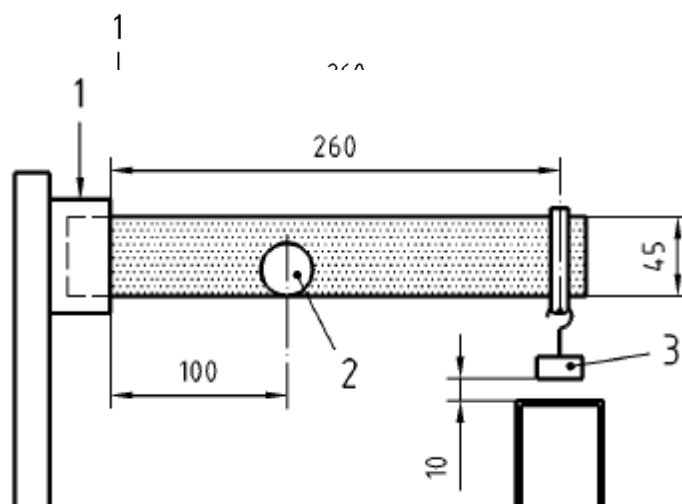
Figura 15 – Alineación de la probeta con respecto a los quemadores

5.10.2.2 Termopares

Cromoaluminio aislado (Tipo K) con un diámetro de 1,5 mm.

5.10.2.3 Montaje del dispositivo

Cualquier tipo de dispositivo capaz de soportar la probeta con peso en el plano horizontal.



Leyenda

- 1 Manga de la montura
- 2 Quemador
- 3 Carga

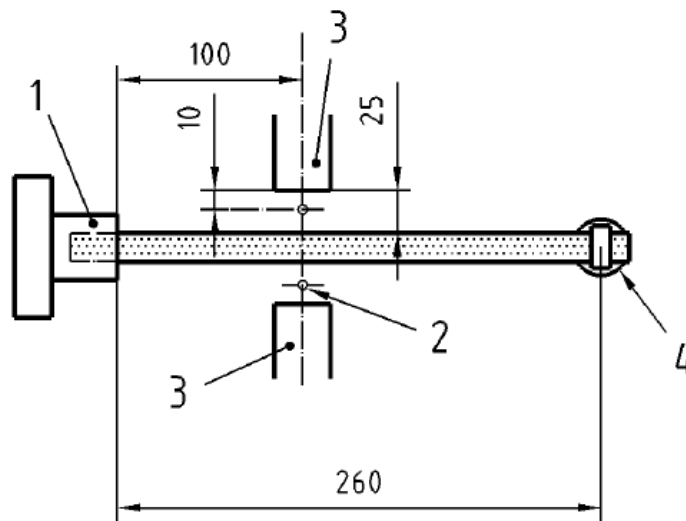
Figura 16 – Vista lateral del dispositivo para la determinación de la cohesión del alma de yeso

5.10.2.4 Soporte de la probeta

Se debe colocar la probeta entre los quemadores con el borde longitudinal en horizontal y el borde transversal en vertical. El borde longitudinal más bajo de la placa y el punto más bajo de las boquillas del quemador deben estar alineados (véase la figura 15). El punto medio de la boquilla del quemador debe estar a (100 ± 1) mm del soporte. Para las placas de espesor nominal 12,5 mm se cuelga de la probeta una carga de (300 ± 10) g a una distancia del soporte de (260 ± 1) mm. Se limita a (10 ± 1) mm la distancia a través de la cual la parte de las probetas comprendida entre los quemadores y la carga puede deformarse (véanse las figura 16 y 17). Para placas de espesor nominal mayor (t), la carga se aumenta proporcionalmente (es decir a $300 \frac{t}{12,5}$), y se redondea hasta los 50 g más próximos.

5.10.2.5 Sistema calorífico

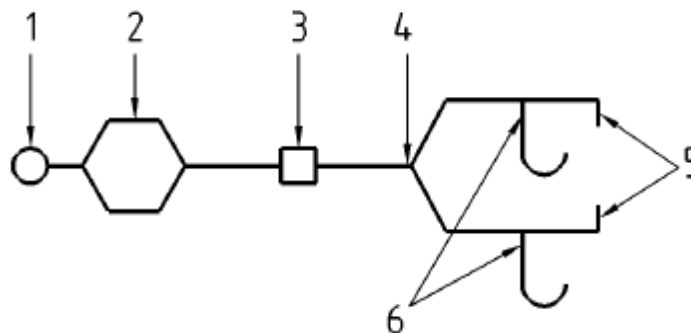
Se deben montar dos quemadores Meker de propano con sus boquillas enfrentadas de forma que cada boquilla esté a (25 ± 1) mm de la probeta. Los ejes de los quemadores se deben alinear con una precisión de 1 mm. Se deben colocar los termopares a una distancia de (10 ± 1) mm de cada quemador y alineados con el extremo superior de los quemadores (véase la figura 17). Se debe alimentar cada quemador con gas propano comercial procedente de una única fuente mediante un tubo con un accesorio en forma de Y. Se debe instalar una válvula reductora con un manómetro y un medidor de flujo en la línea entre la fuente y el accesorio en Y. Se deben colocar válvulas de presión de gas en cada línea del suministro (véase la figura 18). Los quemadores deben manipularse con los orificios de entrada de aire totalmente abiertos.



Leyenda

- 1 Manga de la montura
- 2 Termopar
- 3 Quemadores
- 4 Carga

Figura 17 – Vista superior del dispositivo para la determinación de la cohesión del alma de yeso



Leyenda

- 1 Suministro de gas
- 2 Válvula reductora y manómetro
- 3 Medidor de flujo
- 4 Accesorio en Y
- 5 Quemadores
- 6 Válvulas de control de presión

Figura 18 – Diagrama de la línea de suministro de gas

5.10.3 Procedimiento

Se cortan seis probetas de (300 ± 5) mm de longitud por (45 ± 1) mm de anchura con el borde longitudinal de la probeta paralelo al borde longitudinal de la placa (dos probetas de cada placa, véase 5.1). Se coloca una probeta en el dispositivo de apoyo comprobando que el borde transversal esté en posición vertical. La distancia entre la parte baja de la carga y la plataforma debe ser de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. El borde longitudinal más bajo debe estar alineado con el punto más bajo de la boquilla del quemador (véase la figura 16). Se aplica la carga sobre el borde transversal de la probeta que no está apoyado.

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN
 NUMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16
 AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
 © UNE 2010 – Todos los derechos reservados
 © INEN 2018

El punto de aplicación de la carga debe estar situado a (260 ± 1) mm del extremo del dispositivo montado. Se encienden los quemadores y se ajusta el flujo de gas para obtener una temperatura de $(1\ 000 \pm 50)$ °C en cada termopar.

Cuando la carga alcance la plataforma, o al cabo de 15 min (lo que ocurra más pronto), se examina la probeta para ver la cohesión.

Se repite el procedimiento con cada probeta.

5.10.4 Expresión de resultados

Si cualquiera de las probetas se rompe (separándose en dos o más trozos), se considera que la placa no pasa.

5.11 Determinación de la densidad

5.11.1 Principio

Se debe calcular la densidad partiendo de la masa medida y de las dimensiones de la probeta.

5.11.2 Aparatos

- a) regla de metal o cinta métrica graduada que permita una lectura de 1 mm;
- b) micrómetro, galga o calibres con un diámetro mínimo de 10 mm y que permita una lectura de 0,1 mm;
- c) balanza que permita una lectura de 0,1 g.

5.11.3 Procedimiento

Se preparan seis probetas como se indica en el apartado 5.7.3.1. Se pesan las probetas al 0,1 g.

Se miden las dimensiones de la probeta según lo indicado en los apartados 5.2, 5.3 y 5.4.

5.11.4 Expresión de los resultados

Se calcula la densidad de cada probeta dividiendo la masa (en kg) por el volumen (en m³) obtenido a partir de las dimensiones medidas de la probeta. La densidad es la media de los seis resultados individuales redondeado a $(0,1 \times 10^3)$ kg/m³.

5.12 Determinación de la dureza superficial de la placa

5.12.1 Principio

Se debe determinar la huella superficial causada por el impacto de una pequeña bola de acero dejada caer desde una determinada altura.

5.12.2 Aparatos

- a) bola de acero de 50 mm de diámetro y (510 ± 10) g de masa;
- b) mesa rígida, plana y horizontal, suficientemente grande para apoyar toda la superficie de la probeta, con suficiente inercia para absorber el impacto (por ejemplo, una mesa de acero con un espesor de 20 mm);
- c) papel carbón;
- d) regla graduada que permita una lectura de 0,5 mm;

CON LICENCIA DE USO GRATUITA PARA FREIRE QUINGA, POR INEN
NUMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

e) soporte para la bola de acero.

5.12.3 Procedimiento

5.12.3.1 Preparación de la probeta

Se corta una probeta de 300 mm x 400 mm de la placa de ensayo. Se acondiciona la probeta hasta masa constante⁴⁾ a (40 ± 2) °C.

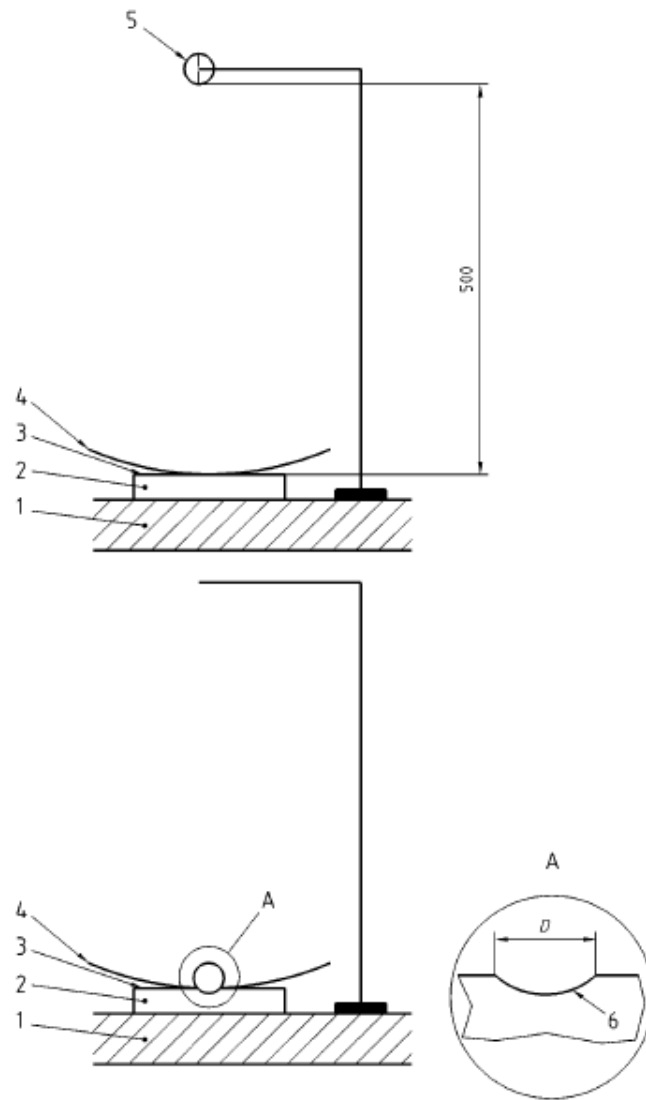
5.12.3.2 Ensayo

Se coloca la probeta, con la cara hacia arriba, sobre una mesa rígida y se cubre con el papel carbón (véase la figura 19); se coloca la bola entre los anclajes del soporte a una distancia de (500 ± 5) mm desde la parte baja de la esfera hasta la superficie de la placa (véase la figura 19).

Se deja caer la bola sobre la placa (véase la figura 19). Se quita el papel carbón y se mide el diámetro coloreado de la huella sobre la placa con precisión de mm (véase la figura 19).

Se repite este ensayo tres veces sobre la misma probeta.

4) Se define la masa constante como aquella que se alcanza cuando dos pesadas, realizadas con un intervalo de 24 h entre sí, difieren en menos de un 0,1%.



- Leyenda
- 1 Mesa rígida
 - 2 Probeta (placa)
 - 3 Cara de la placa
 - 4 Papel carbón
 - 5 Bola de acero
 - 6 Huella coloreada

Figura 19 – Método de ensayo para determinar la dureza superficial

5.12.4 Expresión de los resultados

Para cada una de las muestras se calcula la media de los tres valores medidos con una precisión de 1 mm.

La dureza superficial de la placa debe estar caracterizada por este valor medio.

5.13 Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante (resistencia de la unión placa/subestructura soporte).

5.13.1 Principio

Se fijan dos trozos de la muestra de placa de yeso laminado en cada uno de los lados de dos soportes de madera.

Se tira de las dos piezas de madera mediante el dispositivo de ensayo a tracción adecuado, y se determina la fuerza necesaria para que se produzca la rotura.

5.13.2 Aparatos

- a) recinto acondicionado a (23 ± 2) °C y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa;
- b) dispositivo de ensayo de tracción con una capacidad de 5 kN y que permita una lectura de 10 N;
- c) regla de metal o cinta métrica graduada con una precisión de 1 mm;
- d) madera según la Norma EN 338, clase C16 con un contenido máximo en humedad del 14%;
- e) tornillos de cabeza aplastada conformes con la {A1▶} Norma EN 14566 {◀A1}, de longitud igual al espesor de la placa más 20 mm como mínimo, con un diámetro de cabeza de $(8,0 \pm 0,2)$ mm y $(3,8 \pm 0,2)$ mm de diámetro de espiga (diámetro exterior incluida la rosca).

5.13.3 Procedimiento

De cada placa se cortan 4 muestras de (600×170) mm en la dirección longitudinal (L) de la zona de toma de muestras de cada placa (12 muestras en total) (véase la figura 14). Se acondicionan las muestras a (23 ± 2) °C y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa hasta masa constante⁵⁾.

Se construye una probeta fijando la muestra en cada uno de los lados de los dos trozos de madera con los tornillos. La distancia entre el eje de los tornillos y el borde longitudinal cortado de la placa debe ser de (15 ± 1) mm (véase la figura 20).

Se debe controlar cuidadosamente la penetración de los tornillos del elemento de fijación para evitar fisuras prematuras en las muestras, poniendo la parte superior de la cabeza de los tornillos justo por debajo de la superficie de la placa.

Se coloca la probeta en el equipo de ensayo.

Se aplica la carga a una velocidad de deformación de 10 mm/min \pm 20% hasta que se alcance la carga de rotura.

5) Se define la masa constante como aquella que se alcanza cuando dos pesadas, realizadas con un intervalo de 24 h entre sí, difieren en menos de un 0,1%.

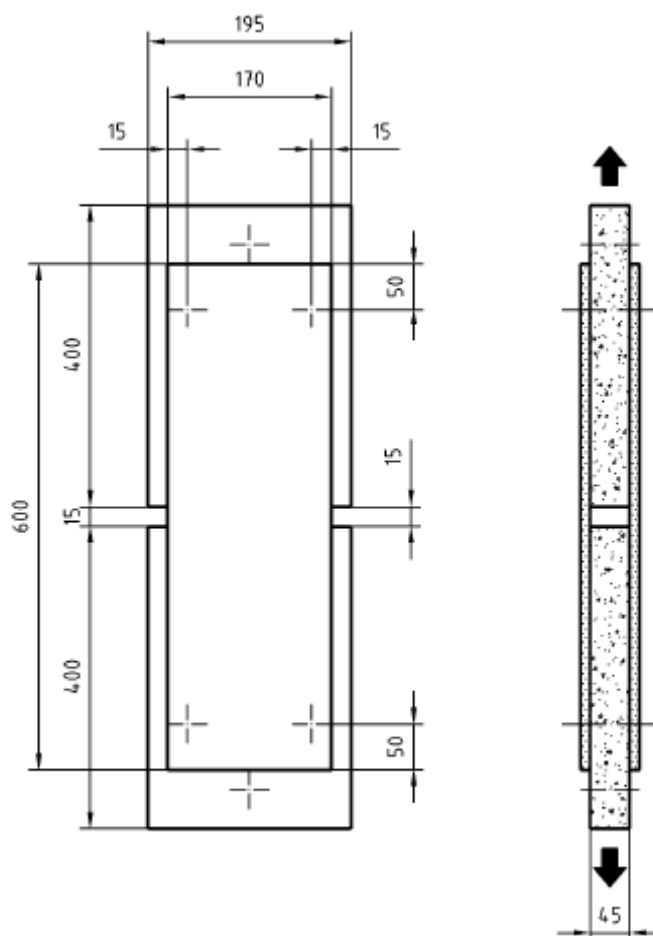


Figura 20 – Probeta para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante convencional

Se registra:

- el tipo y espesor de la placa;
- la carga de la rotura (B) en Newtons.

Se repite el procedimiento para las otras 5 probetas.

5.13.4 Expresión de los resultados

Se calcula la carga de rotura por elemento de fijación (b) en cada una de las 6 probetas, dividiendo la carga de rotura medida por 4.

$$b = \frac{B}{4}$$

La resistencia al esfuerzo cortante convencional de la placa, expresada en Newtons, debe ser el valor medio de los 6 valores calculados anteriormente.

5.14 Determinación del gramaje del papel

Cuando sea necesario, el gramaje del papel se debe determinar según lo especificado en la Norma EN ISO 536.

6 VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD

6.1 Generalidades

La conformidad de las placas de yeso laminado con las especificaciones de esta norma y con los valores declarados (incluidas las clases), debe demostrarse mediante:

- ensayo de tipo inicial (ITT);
- control de producción en fábrica (CPF).

A efectos de ensayo, las placas de yeso laminado pueden agruparse por familias cuando se considere que una determinada propiedad es común a todas las placas de dicha familia.

La decisión de incluir una placa o una propiedad dentro de una familia debe ser tomada por el fabricante.

6.2 Ensayo de tipo

6.2.1 Generalidades

La toma de muestras y los ensayos deben realizarse de acuerdo con el capítulo 5.

El fabricante debe registrar los resultados de todos los ensayos y guardarlos durante al menos 5 años.

6.2.1.1 Ensayos de tipo inicial

Se deben realizar ensayos de tipo inicial para demostrar la conformidad del producto con esta norma.

Se debe realizar un ensayo de tipo inicial al comienzo de la fabricación de un nuevo tipo de placa de yeso laminado (salvo cuando pertenezca a una familia que ya ha sido ensayada), o al comienzo de un nuevo proceso de fabricación (cuando éste pueda afectar de forma significativa a alguna de las características declaradas).

Se pueden tener en cuenta los ensayos previos realizados según lo indicado en esta norma (el mismo producto, las mismas características, el mismo método de ensayo, toma de muestras, sistema de verificación de la conformidad, etc.).

Se deben someter a ensayos de tipo inicial todas las características del producto indicadas en el capítulo 4 en función de su uso previsto, con las siguientes excepciones:

- la emisión de sustancias reglamentadas puede evaluarse de forma indirecta mediante el control del contenido de cada sustancia en particular;
- cuando se utilicen valores de diseño tabulados.

6.2.1.2 Ensayos de tipo adicionales

Siempre que haya un cambio en el diseño de la placa de yeso laminado, en la materia prima, en el suministrador de los componentes, o en el proceso de fabricación (conceptos inherentes a la definición de una familia), que pueda suponer un cambio significativo en una o más características, se deben repetir los ensayos de tipo para las características pertinentes.

6.3 Control de producción en fábrica (CPF)

6.3.1 Generalidades

El fabricante debe establecer, documentar y mantener un sistema de CPF que garantice que los productos comercializados son conformes a las características declaradas. El sistema de CPF debe consistir en procedimientos, inspecciones y ensayos y/o evaluaciones periódicas, y en la utilización de los resultados para controlar la materia prima o la entrada de otros materiales o componentes, los equipos, el proceso de fabricación y el producto.

Se debe considerar que un sistema de control de producción en fábrica que sea conforme con los requisitos de la Norma EN ISO 9001 y que se haya elaborado según las especificaciones de esta norma, satisface los requisitos anteriores.

Se deben registrar tanto los resultados de las inspecciones, como los ensayos o evaluaciones que requieran tomar alguna medida, así como las acciones tomadas. Se deben registrar las acciones a llevar a cabo cuando no se cumplan los valores o los criterios de control, debiéndose guardar durante el periodo de tiempo establecido en los procedimientos del CPF del fabricante.

6.3.2 Equipo

a) Ensayos

Todos los equipos de pesada, medida y ensayo deben estar calibrados y deben ser inspeccionados periódicamente conforme a procedimientos, las frecuencias y criterios documentados.

b) Fabricación

Todos los equipos empleados en la fabricación deben inspeccionarse y mantenerse periódicamente para garantizar que el uso, el desgaste o las posibles averías, no inciden de forma negativa en el proceso de fabricación. Las inspecciones y el mantenimiento se deben llevar a cabo conforme a los procedimientos escritos del fabricante, y se deben guardar los registros durante el tiempo que haya establecido el fabricante en procedimientos del CPF.

6.3.3 Materias primas y componentes

Se deben documentar las especificaciones de todas las materias primas y componentes que participen en el proceso de fabricación, así como el sistema de inspecciones necesario para garantizar su conformidad.

6.3.4 Ensayo del producto y evaluación

El fabricante debe establecer los procedimientos necesarios para garantizar que se mantienen todos los valores declarados de todas las características.

6.3.5 Productos no conformes

El fabricante debe disponer de procedimientos escritos que especifiquen el tratamiento que se debe dar a los productos no conformes. Se deben registrar estas situaciones cuando se produzcan y guardar dichos registros durante el tiempo definido por el fabricante en sus procedimientos escritos.

6.3.6 Otros métodos de ensayo

Para el control de producción en fábrica se pueden utilizar métodos de ensayo alternativos siempre que:

- a) se pueda demostrar que existe una correlación entre los resultados obtenidos a partir de los métodos de ensayo de esta norma y los obtenidos con los métodos de ensayo alternativos;
- b) que la información en la que se ha basado esta correlación esté disponible para una inspección.

7 DESIGNACIÓN DE LAS PLACAS DE YESO LAMINADO

Las placas de yeso laminado se deben designar de la siguiente forma:

- a) la denominación "placa de yeso laminado";
- b) el tipo identificado mediante una letra:
 - A;
 - D;
 - E;
 - F;
 - H (1, 2 ó 3);
 - I;
 - P;
 - R;

NOTA Los tipos D, E, F, H, I, R pueden combinarse entre sí⁶⁾. Los tipos A y P no pueden combinarse;

- c) una referencia a esta norma;
- d) las dimensiones, en mm, en el siguiente orden:
 - anchura;
 - longitud;
 - espesor;
- e) el perfil del borde longitudinal:
 - cuadrado;
 - biselado;
 - afinado;
 - semirredondeado;
 - semirredondeado afinado;
 - redondeado;

6) Se recomienda que las letras de designación vayan en orden alfabético.

- usos especiales.

EJEMPLOS DE DESIGNACIÓN

Placa de yeso laminado A / EN 520 - 1 200 / 2 400 / 9,5 / borde afinado.

Placa de yeso laminado FH2 / EN 520 - 1 250 / 3 000 / 12,5 / borde semirredondeado afinado.

Placa de yeso laminado DFH 2 / EN 520 - 1 250 / 3 000 / 12,5 / borde redondeado.

8 MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE

Las placas de yeso laminado que cumplan las especificaciones de esta norma, deben llevar claramente marcado en la placa, en la etiqueta que la acompaña, en el embalaje o en los documentos comerciales que acompañan al envío (por ejemplo, el albarán), las siguientes indicaciones:

- referencia a esta norma;
- nombre, marca comercial u otros medios de identificación del fabricante de la placa;
- fecha de fabricación;
- formas de identificación de las placas y su relación con su designación según lo indicado en el capítulo 7.

NOTA Cuando el marcado CE exija también los puntos anteriores, se considera que la conformidad con el marcado CE satisface los requisitos de este apartado.

ANEXO A (Informativo)

PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS PARA ENSAYO

A.1 Generalidades

El número de placas necesarias para determinar la conformidad con las especificaciones se debería tomar de un lote de placas para envío.

El tamaño adecuado del lote debería ser el consensuado entre los representantes de las partes implicadas, que deberían tener la oportunidad de estar presentes en el momento de la toma de muestras.

A.2 Procedimiento de toma de muestras

NOTA La elección del método de toma de muestras debería ser como se indica en los apartados A.2.1 y A.2.2, según corresponda.

A.2.1 Toma de muestras aleatoria⁷⁾

Siempre que sea posible, en la práctica se debería recurrir a la toma de muestras aleatoria de forma que cada placa de la partida tenga idéntica probabilidad de ser seleccionada como muestra.

Se deberían seleccionar tres placas de cada tipo de distintas zonas de la partida sin tener en cuenta ni su condición ni la calidad de las placas seleccionadas.

A.2.2 Muestra representativa

A.2.2.1 Generalidades

Cuando la toma de muestras aleatoria sea impracticable o no sea conveniente, por ejemplo, cuando las placas formen una pila grande o cuando las placas estén apiladas de forma que solo se pueda acceder a un número limitado de placas, se debería recurrir al procedimiento de toma de muestras representativa.

A.2.2.2 Toma de muestras de una pila

Se debería dividir el lote en, por lo menos, tres secciones reales o imaginarias de un tamaño similar. De cada sección se debería seleccionar al azar una placa hasta conseguir el número necesario de muestras tal como se indica en el apartado 5.1.

NOTA Será necesario quitar algunas secciones de la pila o pilas para tener acceso a todas las placas del núcleo de dichas pilas para la toma de muestras.

A.2.2.3 Toma de muestras de un lote formado por paquetes envueltos o atados

Se deberían seleccionar como mínimo tres paquetes de un lote. Se debería quitar el envoltorio de cada uno de estos paquetes seleccionados y, aleatoriamente, se debería tomar una placa de cada paquete hasta obtener el número de placas necesario para los ensayos, sin tener en cuenta ni la condición ni la calidad de las placas seleccionadas.

7) En la práctica, la toma de muestras aleatoria solo suele ser conveniente cuando las placas que constituyen la partida se desplazan sueltas (sin embalar) de un lugar a otro, o cuando se han dividido en un número elevado de pilas pequeñas esperando su colocación.

ANEXO B (Normativo)

{A1▶} CONDICIONES PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS PLACAS DE YESO LAMINADO SEGÚN SU REACCIÓN AL FUEGO SIN NECESIDAD DE ENSAYOS ADICIONALES

[Este anexo reproduce las condiciones establecidas por la Decisión de la Comisión 2006/673/CE. Si esta Decisión se modificase, se aplican las condiciones modificadas]

B.0 Introducción

Las placas que cumplan los límites indicados en la tabla siguiente se clasifican según las Euroclases indicadas para las aplicaciones de uso final indicadas.

Tabla B.1 – Condiciones para la clasificación de reacción al fuego para placas de yeso laminado

Placa de yeso laminado	Espesor nominal de la placa (mm)	Alma de yeso		Gramaje del papel ^a (G) (g/m ²)	Sustrato	Clase ^b (excluidos los suelos)
		Densidad (M) (kg/m ³)	Clase de reacción al fuego			
Conforme a la Norma EN 520 (salvo el caso de la placa perforada)	6,5 ≤ e < 9,5	M ≥ 800	A1	G ≤ 220	Cualquier material de madera con densidad ≥ 400 kg/m ³ o cualquier producto de, como mínimo, clase A2-s1, d0	A2-s1, d0
				220 < G ≤ 320		B-s1, d0
	e ≥ 9,5	M ≥ 600		G ≤ 220	Cualquier material de madera con densidad ≥ 400 kg/m ³ o cualquier producto de, como mínimo, clase A2-s1, d0 o cualquier material aislante de, como mínimo clase E-d2 montado según el método 1	A2-s1, d0
				220 < G ≤ 320		B-s1, d0

^a Determinado según la Norma EN ISO 536 y con un contenido en material orgánico no mayor del 5%.

^b Se indican las clases en la tabla 1 del anexo a la Decisión de la Comisión 2000/147/EC.

B.1 Aplicación en uso final

B.1.1 Generalidades

Las placas de yeso laminado deben colocarse y fijarse utilizando uno de los tres métodos siguientes

B.1.2 (Método 1) Fijación mecánica a una subestructura soporte

Las placas, o (en el caso de un sistema multicapa) al menos la capa más externa de éstas, deben sujetarse de forma mecánica a una subestructura metálica fabricada con los componentes

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN
 © EN 2009 – Todos los derechos reservados
 © UNE 2010 – Todos los derechos reservados
 © INEN 2018

señalados en la Norma EN 14195, o a una estructura de madera que cumpla lo indicado en las Normas EN 336 y EN 1995-1-1.

Cuando la subestructura solo proporcione elementos de soporte en una dirección, la máxima longitud de vano entre los elementos de apoyo no debe ser mayor de 50 veces el espesor de las placas.

Cuando la subestructura proporcione elementos de sujeción en dos direcciones, la máxima longitud de vano en cada una de estas direcciones no debe ser mayor de 100 veces el espesor de las placas.

Los elementos de fijación mecánicos deben ser tornillos, grapas o clavos que deben atravesar el espesor total de la placa hasta la subestructura, no siendo la distancia entre sus centros, mayor de 300 mm medidos sobre la longitud de cada elemento de soporte.

Entre las placas de yeso laminado puede haber una cámara de aire o un material aislante. El soporte puede ser:

- a) cualquier producto que contenga madera con una densidad $\geq 400 \text{ kg/m}^3$, o cualquier material clase A2-s1, d0 cuando las placas de yeso laminado tengan espesores $\geq 6,5 \text{ mm}$ y $< 9,5 \text{ mm}$ y cuando la densidad del alma sea $\geq 800 \text{ kg/m}^3$; o
- b) cualquier producto que contenga madera con una densidad $\geq 400 \text{ kg/m}^3$, o cualquier material clase A2-s1, d0 como mínimo, cuando las placas de yeso laminado tengan un espesor nominal de $\geq 9,5 \text{ mm}$ y cuando la densidad del alma sea $\geq 600 \text{ kg/m}^3$; o
- c) cualquier materia aislante de clase E-d2 como mínimo, cuando las placas de yeso laminado tengan un espesor nominal $\geq 9,5 \text{ mm}$ y cuando la densidad del alma sea $\geq 600 \text{ kg/m}^3$.

Cualquier junta entre elementos adyacentes debe tener una anchura $\leq 4 \text{ mm}$. Esto se refiere a cualquier junta independientemente de que dicha junta esté o no soportada directamente por una subestructura, e independientemente de que se rellene o no con material de juntas.

En los casos (a) y (b) todas las juntas entre placa que no estén soportadas directamente por la subestructura y cuya anchura sea $> 1 \text{ mm}$ deben rellenarse totalmente con el material de juntas como se indica en la Norma EN 13963 (el resto de las juntas pueden quedar sin relleno).

En el caso (c), todas las juntas entre placas adyacentes deben rellenarse con el material de juntas como se indica en la Norma EN 13963.

B.1.3 (Método 2) Fijación mecánica a un soporte macizo de madera

Las placas de yeso laminado deben fijarse mecánicamente a un soporte de madera maciza de densidad $\geq 400 \text{ kg/m}^3$.

No debe haber huecos entre las placas y el soporte.

Los elementos mecánicos de fijación pueden ser tornillos, clavos o grapas. La distancia entre los elementos de fijación debe cumplir las reglas indicadas anteriormente para el método 1.

Todas las juntas entre placas adyacentes deben tener una anchura $\leq 4 \text{ mm}$ y pueden quedar sin rellenar.

B.1.4 (Método 3) Fijación mecánica o pegado a un soporte macizo (sistema de trasdosado)

Las placas deben fijarse directamente a un soporte macizo cuya clasificación de reacción al fuego sea como mínimo clase A2-s1, d0.

Las placas pueden fijarse al soporte macizo mediante tornillos o clavos que atraviesen la placa en todo su espesor, hasta el soporte macizo, o se pueden pegar mediante pelladas de un adhesivo a base de yeso especificado en la Norma EN 14496.

En ambos casos los tornillos, los clavos, o las pelladas de yeso deben situarse con una separación vertical y horizontal máxima de 600 mm.

Todas las juntas entre placas adyacentes pueden quedar sin rellenar. {◀A1}

ANEXO C (Normativo)

MONTAJE Y FIJACIÓN DE LAS PLACAS PARA ENSAYO SEGÚN LA NORMA EUROPEA EN 13823 (ENSAYO SBI)

C.0 Introducción

Cuando no sean de aplicación las condiciones señaladas en el anexo B (por ejemplo, espesor de la placa, alma de yeso, gramaje del cartón, etc.), o si la reglamentación exige ensayos de reacción al fuego de placas de yeso laminadas ensambladas sobre soportes distintos de los clasificados como clase mínima A2-s1, d0, se deben aplicar las siguientes reglas de montaje y fijación.

C.1 Aplicaciones generales

Las placas de yeso laminado se deben montar y fijar con el método siguiente. Este método proporciona las condiciones más extremas y la clasificación obtenida debe trasladarse a todas las aplicaciones de uso final. Los resultados obtenidos para un espesor de placa dado son de aplicación para placas de mayor espesor.

Las placas se deben fijar de forma mecánica a una subestructura metálica (fabricada con los componentes señalados en la Norma EN 14195), como se indica en las figuras C.1a a C.1c.

La estructura se debe fabricar con montantes de acero verticales con una separación del entramado de 70 mm a 80 mm y un espesor del recubrimiento metálico de entre 0,5 mm y 0,6 mm colocados según se indica en la figura C.1b.

Las fijaciones mecánicas deben ser tornillos que deben fijarse atravesando las placas en todos su espesor, hasta la subestructura, a distancias centradas de (300 ± 30) mm medidas sobre la longitud de cada elemento soporte.

Tanto las juntas verticales como las horizontales se deben colocar según se indica en la figura C.1a. Todas las juntas entre placas contiguas deben estar a tope y sin rellenar.

El hueco que se forma entre las placas y la subestructura se debe rellenar con poliuretano resistente al fuego (PUR) de (35 ± 5) kg/m³ de densidad. El espesor debe ser de 10 mm a 15 mm menor que el ancho del entramado.

Entre el PUR y las placas de silicato de calcio se debe dejar una cámara de aire de unos 40 mm.

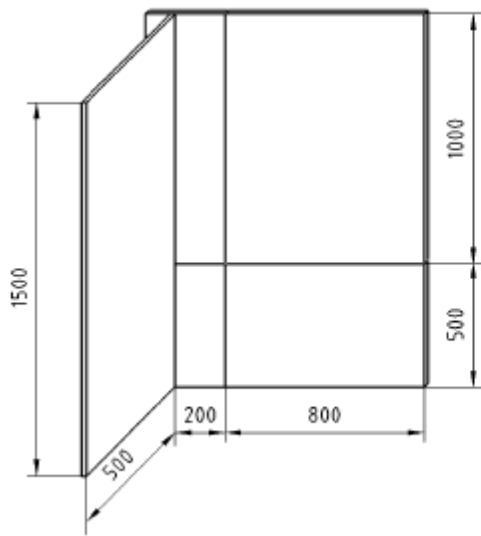


Figura C.1 a) – Juntas

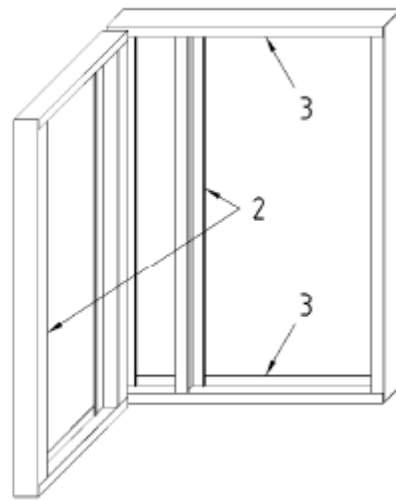
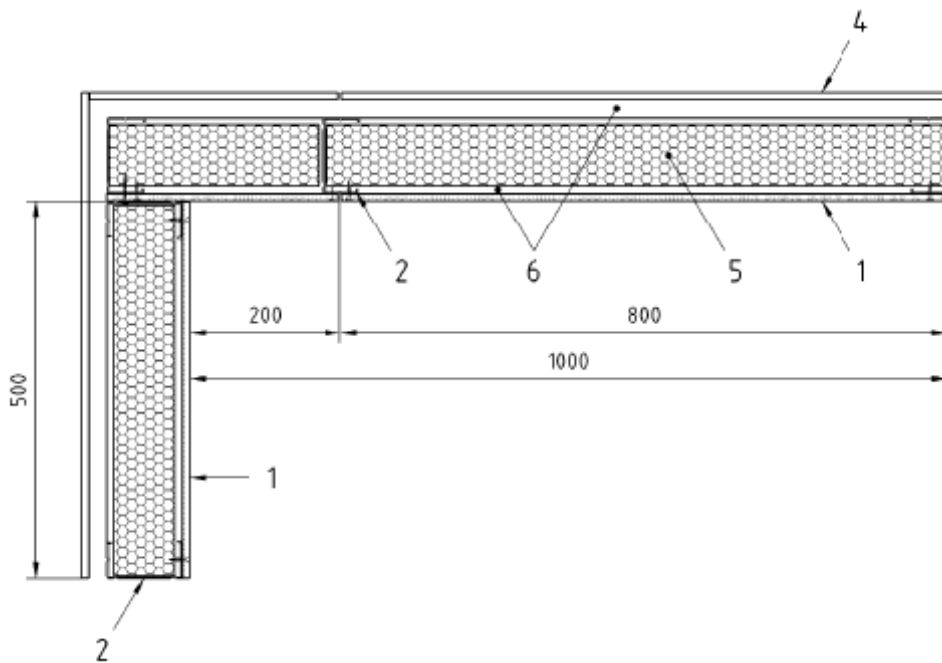


Figura C.1 b) – Subestructura



Leyenda

- 1 Placa de yeso laminado
- 2 Montante metálico
- 3 Carril en U
- 4 Placa base de silicato de calcio
- 5 Panel de PUR
- 6 Cámara de aire

Figura C.1 c) – Fijaciones mecánicas

Figura C.1 – Montaje y fijación de las placas a una subestructura metálica {◀A1}

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN
 NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16
 AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN
 © EN 2009 – Todos los derechos reservados
 © UNE 2010 – Todos los derechos reservados
 © INEN 2018

C.2 Aplicaciones con limitaciones debidas al relleno de juntas

Las placas de yeso laminado se deben montar y fijar, y la cámara debe rellenarse en la forma descrita en el capítulo C.1, pero las juntas deben tratarse con un material de juntas que cumpla los requisitos de la {A1►} Norma EN 13963 {◄A1}.

{A1►} Los resultados obtenidos deben aplicarse a todas las aplicaciones finales de uso siempre que las juntas se traten con un material de juntas que cumpla los requisitos de la Norma EN 13963. Los resultados obtenidos para un espesor de placa determinado se deben aplicar a las placas de mayor espesor.

C.3 Aplicaciones con limitaciones debidas a los soportes a base de madera {◄A1}

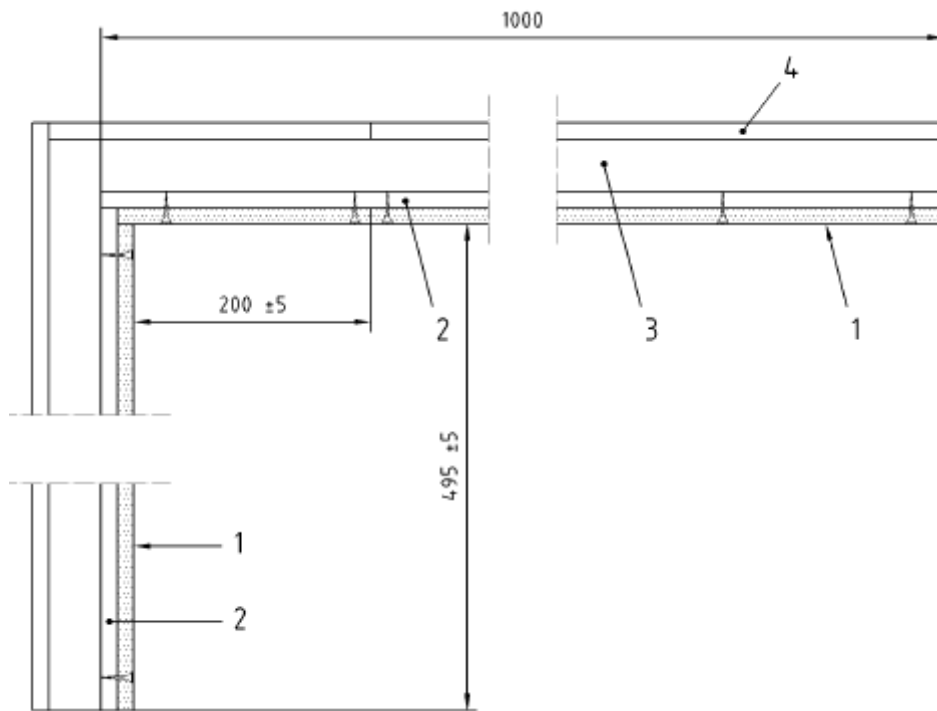
Las placas de yeso laminado se deben montar y fijar con el método siguiente. Se puede aplicar la clasificación obtenida a cualquier tipo de soporte a base de madera cuya densidad sea como mínimo de 350 kg/m^3 como se indica a continuación, y también a cualquier soporte para uso final de clase A1 y A2. Los resultados obtenidos para un espesor de placa determinado se deben aplicar a las placas de mayor espesor.

Las placas se deben fijar de forma mecánica a un soporte continuo de madera tratada de (15 a 20) mm \pm 2 mm de espesor con una densidad de $(350 \pm 50) \text{ kg/m}^3$ (véanse las figuras C.1a y C.2).

Las fijaciones mecánicas deben ser tornillos, que deben fijarse atravesando la placa en todo su espesor hasta el soporte, centradas a 300 mm \pm 30 mm a lo largo de todo el perímetro de las placas.

Tanto las juntas verticales como las horizontales se deben colocar según se indica en la figura C.1 a). Las juntas entre placas contiguas deben estar a tope y sin rellenar.

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Placa de yeso laminado
- 2 Hoja de madera
- 3 Cámara de aire
- 4 Placa de silicato de calcio

Figura C.2 – Placas de yeso laminado fijadas sobre soportes a base de madera

ANEXO ZA (Informativo)

CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELATIVOS A LOS REQUISITOS ESENCIALES DE LA DIRECTIVA DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA UE

NOTA EXPLICATIVA INEN. El Anexo ZA (Informativo) Capítulos de esta norma relativos a los requisitos esenciales de la Directiva de Productos de Construcción de la UE, no se aplica para los fines de este documento normativo.

ZA.1 Objeto, campo de aplicación y características relativas a los requisitos esenciales

Esta norma ha sido elaborada bajo el Mandato M/106 "Productos de yeso" dado a CEN por la Comisión Europea y la Asociación Europea de Libre Comercio.

Los capítulos de esta norma recogidos en la tabla ZA.1 que figura a continuación, satisfacen las exigencias del mandato dado en el marco de la Directiva de Productos de Construcción de UE (89/106/CEE).

El cumplimiento de estos capítulos confiere presunción de conformidad de las placas de yeso laminado cubiertas por este anexo para los usos indicados. Debe hacerse referencia a la información que acompaña el marcado CE

ADVERTENCIA – Las placas de yeso laminado incluidas en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectadas por otras Directivas UE que no afecten a su aptitud al uso para las aplicaciones previstas.

NOTA 1 Además de los posibles capítulos relativos a sustancias peligrosas contenidos en esta norma, pueden existir otros requisitos adicionales aplicables a los productos cubiertos por su campo de aplicación (por ejemplo, transposición de reglamentaciones europeas, reglamentaciones y disposiciones administrativas nacionales). Con el fin de cumplir con las disposiciones de la Directiva de Productos de Construcción, es necesario que estos requisitos sean respetados igualmente donde y cuando apliquen.

NOTA 2 Se puede consultar una base de datos informativa sobre las disposiciones europeas y nacionales relativas a las sustancias peligrosas, en el dominio de Construcción EUROPA, accesible mediante {A1►} http://ec.europa.eu/enterprise/construction/internal/dangsub/dangmain_en.htm. {◀A1}

Este anexo tiene el mismo objeto y campo de aplicación que el indicado capítulo 1 de esta norma. Establece las condiciones del marcado CE de placas de yeso laminado para los usos indicados a continuación, y muestra los capítulos relevantes aplicables (véase la tabla ZA.1).

Tabla ZA.1 – Objeto y campo de aplicación y capítulos aplicables para el mercado CE

Producto: Placa de Yeso			
Uso previsto: Edificación en general (véase capítulo 1)			
Características esenciales derivadas del mandato	Apartados de especificaciones en esta norma	Niveles mandados y/o clases	Observaciones
Resistencia al esfuerzo cortante (para rigidizar estructuras de madera para muros exteriores y estructuras de madera para tejados apuntalados)	4.1.1	—	N (newtons)
Reacción al fuego (en situaciones de exposición)	4.2.1	A1 a F	A1 a F
Permeabilidad al vapor de agua (para control de la difusión de la humedad)	4.4 (excepto para el Tipo E)		adimensional
	4.11 para el Tipo E	—	adimensional Valor umbral
Resistencia a la flexión	4.1.2	—	N (newtons) Valor umbral
*Resistencia al impacto (en condiciones finales de uso)	4.3	—	kJ La prestación declarada es para el sistema del que el producto forma parte
*Aislamiento directo al ruido aéreo (en condiciones finales de uso)	4.6.1	—	dB La prestación declarada es para el sistema del que el producto forma parte
*Absorción acústica (en condiciones finales de uso)	4.6.2	—	adimensional La prestación declarada es para el sistema del que el producto forma parte
Resistencia térmica	4.7	—	Expresada como conductividad térmica en W (m.K)
*NOTA Estas características dependen del sistema y las proporcionará el fabricante en su documentación en base al uso previsto.			

Los requisitos relativos a una característica determinada no son de aplicación en los Estados Miembros en los que no exista reglamentación al respecto para el uso previsto del producto. En este caso, los fabricantes que comercialicen sus productos en dichos Estados Miembros no están obligados a determinar, ni declarar las prestaciones de sus productos en lo referente a dicha

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

característica, y la información que acompaña al marcado CE (véase el capítulo ZA.3) puede entonces incluir la opción "Prestación No Determinada" (PND).

Sin embargo, esta opción no es aplicable cuando existe un límite umbral de la característica.

ZA.2 Verificación y declaración de la conformidad de las placas de yeso laminado

El sistema de verificación de la conformidad de las placas de yeso laminado, de acuerdo con la Decisión de la Comisión 95/467/CE, recogida en el Anexo III del mandato M/106 "Productos de yeso" se indica en la tabla ZA.2 para el uso previsto y para los correspondientes niveles o clases.

El comportamiento de reacción al fuego no es susceptible de cambiar durante el proceso de fabricación para un tipo de cartón determinado. La masa de cartón por unidad de superficie se controla regularmente y por tanto, solo son aplicables los sistemas 3 y 4 de verificación de la conformidad.

Tabla ZA.2 – Sistemas de verificación de la conformidad

Producto	Uso previsto	Características	Sistema de verificación de la conformidad
Placas de yeso laminado	En todos los usos sujetos a requisitos de reacción al fuego	Reacción al fuego	3/4 ^a
		Otros	4
	Para rigidizar estructuras de madera para muros con carga de viento o para estructuras de madera para tejados	Resistencia constante	3
		Otros	4
	Para situaciones y usos no mencionados anteriormente	Todos	4
	^a Para los productos que cumplen la Decisión de la Comisión 2003/43/CE modificada (véase la sección 5.2.1) se aplica el sistema 4.		
Sistema 3: Véase la Directiva 89/106/CEE (Directiva de Productos de Construcción), anexo III.2(ii), segunda posibilidad. Sistema 4: Véase la Directiva 89/106/CEE (Directiva de Productos de Construcción), anexo III.2(ii), tercera posibilidad.			

La distribución de las tareas entre el fabricante y el organismo notificado se indica en las tablas ZA.3a, ZA.3b y ZA.3c para los usos previstos indicados. Cuando fuera aplicable más de un uso previsto para el producto, las tablas deberían leerse conjuntamente.

Tabla ZA.3a – Asignación de tareas para la evaluación de la conformidad de las placas de yeso laminado cuyo uso previsto sea para situaciones en las que hay exigencias de reacción al fuego: Sistemas 3 y 4

{A1▶}

Tareas		Contenido de la tarea		Apartados aplicables de esta norma
Tareas bajo la responsabilidad del fabricante	Control de producción en fábrica (CPF)	Todas las características pertinentes de la tabla ZA.1	La reacción al fuego se asegura si se controla: - el espesor de la placa; - el gramaje del cartón y el contenido en aditivos orgánicos de la lámina de cartón; - la densidad de la placa; - la reacción al fuego del alma controlando los aditivos orgánicos del alma.	6.1 y 6.3
			Permeabilidad al vapor de agua ^a	
			Resistencia a la flexión	
			Resistencia térmica ^d	
Tareas bajo la responsabilidad del organismo notificado	Ensayo de tipo inicial (ITT)	Aquellas características pertinentes de la tabla ZA.1 no ensayadas por el organismo notificado	La reacción al fuego se asegura por los ensayos según las especificaciones de la decisión CWFT de: - el espesor de la placa; - el gramaje del cartón y el contenido en aditivos orgánicos de la lámina de cartón; - la densidad de la placa; - la reacción al fuego del alma.	6.1 y 6.2
			Permeabilidad al vapor de agua ^a	
			Resistencia a la flexión	
			Resistencia térmica ^d	
Tareas bajo la responsabilidad del organismo notificado ^c	Ensayo de tipo inicial (ITT)	Reacción al fuego ^b		6.1 y 6.2

^a Si se utilizan valores tabulados pueden no ser necesarios los ensayos; para el Tipo E no se pueden utilizar valores tabulados.
^b Para productos que no cumplan los requisitos CWFT[®] características de las Euroclases en cuanto a reacción al fuego como se indica en la Decisión de la Comisión 94/611/CE o la 2006/673/CE que la modifica.
^c Solo productos bajo el sistema 3.
^d No es necesario si se emplean valores tabulados.

{◀A1}

Tabla ZA.3b – Asignación de tareas para la evaluación de la conformidad de las placas de yeso laminado cuyo uso previsto sea la rigidización de estructuras de madera para muros con carga de viento o estructuras de madera para techados apuntalados: Sistema 3

Tareas		Contenido de la tarea		Capítulos aplicables de esta norma
Tareas bajo la responsabilidad del fabricante	Control de producción en fábrica (CPF)	Todas las características pertinentes de la tabla ZA.1	Resistencia a cortante	6
			Permeabilidad al vapor de agua ^a	
			Resistencia a la flexión	
			Resistencia térmica ^b	
	Ensayo de tipo inicial (ITT)	Aquellas características pertinentes de la tabla ZA.1 no ensayadas por el organismo notificado	Permeabilidad al vapor de agua ^a	
			Resistencia a la flexión	
		Resistencia térmica ^b		
Tareas bajo la responsabilidad del organismo notificado	Ensayo de tipo inicial (ITT)	Reacción a cortante		
^a No es necesario si se utilizan valores tabulados; para las placas Tipo E no se pueden utilizar valores tabulados. ^b No es necesario si se utilizan valores tabulados.				

Tabla ZA.3c – Asignación de tareas para la evaluación de la conformidad de las placas de yeso laminado cuyo uso previsto sea para situaciones no mencionadas en los capítulos anteriores: Sistema 4

Tareas		Contenido de la tarea		Capítulos aplicables de esta norma
Tareas bajo la responsabilidad del fabricante	Control de producción en fábrica (CPF)	Igual que ZA.1	Permeabilidad al vapor de agua ^a	6
			Resistencia a la flexión	
			Aislamiento térmico ^b	
	Ensayo de tipo inicial (ITT)	Igual que ZA.1	Permeabilidad al vapor de agua ^a	
			Resistencia a la flexión	
			Resistencia térmica ^b	
^a No es necesario si se utilizan valores tabulados; para las placas Tipo E no se pueden utilizar valores tabulados. ^b No es necesario si se utilizan valores tabulados.				

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN

NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16

AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN

© EN 2009 – Todos los derechos reservados

© UNE 2010 – Todos los derechos reservados

© INEN 2018

(En el caso de productos bajo el sistema 3): Cuando se alcance la conformidad con los requisitos de este anexo, el fabricante o su representante autorizado en el EEE debe preparar y conservar una declaración de conformidad (declaración de conformidad CE) que le autoriza a fijar el marcado CE. Esta declaración debe incluir:

- nombre y dirección del fabricante o de su representante autorizado en el EEE así como el lugar de producción;
- descripción del producto (tipo, identificación, uso previsto...) y una copia de la información que acompaña al marcado CE;
- disposiciones con las que el producto es conforme (es decir, el anexo ZA de esta norma);
- condiciones específicas aplicables al uso del producto (por ejemplo, las disposiciones relativas al uso en ciertas condiciones);
- nombre y dirección del organismo notificado;
- nombre y cargo de la persona facultada para firmar la declaración en nombre del fabricante o de su representante autorizado.

(En el caso de productos bajo el sistema 4): Cuando se alcance la conformidad con los requisitos de este anexo, el fabricante o representante autorizado en el EEE debe preparar y conservar una declaración de conformidad (declaración de conformidad CE) que autoriza al fabricante a fijar el marcado CE. Esta declaración debe incluir:

- nombre y dirección del fabricante o de su representante autorizado en el EEE;
- descripción del producto (tipo, identificación, uso previsto...) y una copia de la información que acompaña al marcado CE;
- disposiciones con las que el producto es conforme (es decir, el anexo ZA de esta norma);
- condiciones específicas aplicables al uso del producto (por ejemplo, las disposiciones relativas al uso en ciertas condiciones, etc.);
- nombre y cargo de la persona facultada para firmar la declaración en nombre del fabricante o de su representante autorizado.

NOTA Debería evitarse una duplicación de la información entre la declaración y el certificado. Para evitar esta duplicidad, pueden elaborarse documentos con referencias cruzadas cuando uno contenga más información que el otro.

La declaración y el certificado citados anteriormente, deben estar redactados en el o los idiomas oficiales del Estado Miembro en el que el producto se va a comercializar.

ZA.3 Marcado CE y etiquetado

El fabricante o su representante establecido en el EEE, es el responsable de la fijación del marcado CE. El símbolo del marcado CE a estampar debe ser conforme a la Directiva 93/68/CE, y debe estar visible sobre las placas (o si no es posible, sobre la etiqueta, en el embalaje o en la documentación comercial, por ejemplo en el albarán de entrega). El símbolo del marcado CE debe ir acompañado de la siguiente información:

- nombre, marco comercial y dirección declarada del fabricante;
- los dos últimos dígitos del año de impresión del marcado;
- referencia a esta norma;
- descripción del producto: nombre genérico, material, dimensiones y uso previsto;

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN
NUMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN
© EN 2009 – Todos los derechos reservados
© UNE 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018

- información sobre las características esenciales que procedan recogidas en la tabla ZA.1 indicadas de la siguiente forma:
- valores declarados y, cuando proceda, nivel o clase (cuando sea necesario incluyendo los requisitos pasa/no pasa) para cada característica esencial según se indica en la columna "Observaciones" de la tabla ZA.1;
- "Prestación No Determinada (PND)" para aquellas características en las que sea aplicable;
- como alternativa, designación normalizada que indique alguna o todas las características pertinentes (cuando la designación abarque solo algunas características, será necesario añadir los valores declarados para el resto de características indicados anteriormente).

La opción "Prestación No Determinada" (PND) no se puede utilizar cuando la característica tiene un nivel umbral. Por otra parte, esta opción se puede utilizar cuando y donde la característica, para un uso previsto, no está sujeta a reglamentación, en el Estado Miembro de destino. El marcado CE de conformidad debe consistir en las iniciales CE en la forma siguiente:



- si el marcado CE se reduce o se aumenta, deben mantenerse las proporciones del dibujo milimetrado anterior;
- los distintos elementos del marcado CE deben tener aproximadamente el mismo tamaño vertical, que no puede ser inferior a 5 mm.

Ejemplo del marcado sobre la propia placa



Marcado de conformidad CE

Cualquier Cía. S.A.

Nombre o logotipo del fabricante


A-EN 520

Tipo de placa y número de la norma europea

A2-s1, d0 (C1)

Reacción al fuego y anexo para la condiciones de montaje y fijación (por ejemplo, anexo C.1)

Además, el marcado completo debe figurar en la etiqueta, en el embalaje o en los documentos comerciales que acompañen al producto. A continuación se incluye un ejemplo:

 <p>Cualquier Cía. S.A. Apdo. de Correos 21, B-10 50</p> <p>{A1▶} 09 {◀A1}</p> <p>A-12,5 - EN 520</p> <p>Reacción al fuego: A2-s1, d0 (C1)</p> <p>Resistencia a cortante por elemento de fijación mecánico: PND</p> <p>Factor de resistencia al vapor de agua: 10</p> <p>Conductividad térmica: 0,25 W/(m.K)</p>	
<p>Aislamiento directo al ruido aéreo:</p> <p>Resistencia al impacto:</p> <p>Absorción acústica:</p>	<p>Véase la documentación del fabricante</p>

Marcado de conformidad CE que consiste en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/ CEE

Nombre o logotipo y dirección declarada del fabricante

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el marcado

Tipo y espesor de la placa número de la norma

Información sobre las características reglamentadas

NOTA En lo que respecta a la reacción al fuego, el anexo al que se remite, expresado entre paréntesis, especifica las condiciones de uso final en la que se usa la placa. Para placas empleadas en condiciones de uso final no cubiertas por el anexo B o el C, se deben declarar las condiciones en las que se llevó a cabo el ensayo.

NOTA Además de la información específica relativa a las sustancias peligrosas indicada anteriormente, el producto debería ir acompañado cuando y donde se requiera, y en la forma apropiada, de la documentación en la que se relacione cualquier otra reglamentación sobre sustancias peligrosas, cuyo cumplimiento se exija, junto con la información requerida por dicha reglamentación. No es necesario citar las reglamentaciones sin derogación nacional.

Cuando el marcado se lleve a cabo tal y como se ha descrito con anterioridad, se considera que se cumplen la totalidad de los requisitos del marcado CE y no es necesario disponer de documentación adicional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EN ISO 9001, *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. (ISO 9001:2000)*.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: PLACAS DE YESO LAMINADO. DEFINICIONES, Código ICS:
NTE INEN-EN 520 ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (EN 01.040.91;
520:2004+A1:2009, IDT) 91.100.10

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2017-11-08	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: Desde 2017-12-20 hasta 2018-02-19

Comité Técnico de Normalización: **Cemento y Cal**

Fecha de iniciación: 2018-01-17

Fecha de aprobación: 2018-01-17

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Omar Martin (Presidente)

Ing. Oscar Rojas

Arq. Arturo Balladares

Arq. Esther Briones

Arq. Estuardo Jaramillo

Ing. Gustavo Jarama

Ing. Adrián Serrano

Ing. Daniel Gavilanes

Arq. Shirley Tigrero V. (Secretaria Técnica)

ECUAGYPSUM

GYPSUM ECUADOR

FEDERACIÓN ECUATORIANA DE CONSTRUCCIONES - FECPO

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA - MIDUVI

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA - MIDUVI

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA - MIDUVI

MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD - MIPRO

INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN

INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.


Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 273 de 2018-06-29

Por Resolución No. 18182 de 2018-05-31


Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 170524 – Telfs: (593 2)3 825960 al 3 825999
Dirección Ejecutiva: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Centro de Información: centrodeinformacion@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

CON LICENCIA DE USO PARA ERIKA PAMELA FREIRE QUINGA, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000157853/ DESCARGADO: 2021-04-16
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Anexo 2: Ensayo a flexión de probetas de material compuesto



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS
LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL



RESISTENCIA A LA FLEXION DE PLACAS DE YESO (GYPSUM) NORMA NTE INEN - EN 520

ORDEN DE TRABAJO: CTT-FICM-2021-065

NÚMERO DE MUESTRAS: 9

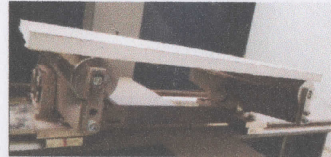
OBRA O PROYECTO: Proceso tecnológico para la fabricación de un aislante térmico mediante la reutilización de residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.

LUGAR DEL PROYECTO: Ambato

CONTRATISTA: Ing. Erika Freire

TUTOR :

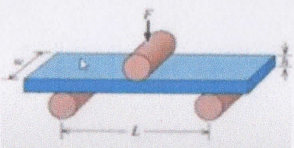
FECHA DE EXPEDICION: 18-may-21



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PLACA DE YESO LAMINADO

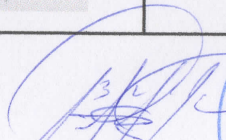
Probeta N°	DIMENSIONES					CARA FRACTURADA		CARGA		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		DEFLEXIÓN (mm)	MODULO A LA FLEXIÓN (KN/mm²)	IDENTIFICACIÓN
	PROBETA				ÁREA DE CONTACTO (mm²)	Ancho (b1) (mm)	Altura (d1) (mm)	(KN)	(Kg)	(MPA)	(Kg/cm2)			
	Largo (a) (mm)	Ancho (b) (mm)	Espesor (c) (mm)	Área (mm²)										
1	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	172,00	172,00	0,51	52,01	9,89	100,85	2,00	10,63	Gypsum con 30% de GFRP triturado
2	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	170,00	170,00	0,54	54,59	10,38	105,85	1,92	11,62	Gypsum con 40% de GFRP triturado
3	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	172,00	172,00	0,56	57,11	10,86	110,74	1,91	12,22	Gypsum con 50% de GFRP triturado
4	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	163,00	163,00	0,72	72,93	8,01	81,68	1,89	6,92	Gypsum con 30% de GFRP triturado
5	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	196,00	196,00	0,77	78,75	8,85	88,21	1,90	7,44	Gypsum con 40% de GFRP triturado
6	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	184,00	184,00	0,83	84,13	9,24	94,22	1,70	8,88	Gypsum con 50% de GFRP triturado
7	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	195,00	195,00	0,84	86,14	8,57	87,00	1,89	4,73	Gypsum con 30% de GFRP triturado
8	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	168,00	168,00	0,88	89,41	6,82	69,54	1,87	4,96	Gypsum con 40% de GFRP triturado
9	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	173,00	173,00	0,91	92,82	7,08	72,20	1,90	5,07	Gypsum con 50% de GFRP triturado

GRÁFICO




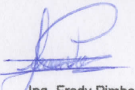
OBSERVACIONES:

La toma y entrega de muestras, fecha de elaboración, identificación y especificación son de estricta responsabilidad de la persona o entidad contratante.




Ing. Byron López
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA





Ing. Fredy Pimbo
AUXILIAR DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL

RESISTENCIA A LA FLEXION DE PLACAS DE YESO (GYPSUM) NORMA NTE INEN - EN 520

TEMA DE TESIS: Proceso tecnológico para la fabricación de un aislante térmico mediante la reutilización de residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.

AUTORA: Ing. Erika Freire

Probeta N°	DIMENSIONES				ÁREA DE CONTACTO	CARA FRACTURADA Ancho (b1)	% de Agregado de GFRP	CARGA		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		DEFLEXIÓN (mm)	MODULO A LA FLEXIÓN (KN/mm ²)	IDENTIFICACIÓN	
	PROBETA							(mm)	(KN)	(Kg)	(MPA)				(Kg/cm2)
	Largo (a)	Ancho (b)	Espesor (c)	Área											
(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(mm)					(KN/mm ²)					
2A	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	170,00	0,30	0,51	51,79	9,84	100,35	1,98	10,68	Gypsum con 30% de GFRP triturado	
3A	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	172,00	0,30	0,51	51,88	9,86	100,53	1,97	10,75	Gypsum con 30% de GFRP triturado	
5A	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	196,00	0,40	0,54	55,43	10,53	107,41	1,90	11,91	Gypsum con 40% de GFRP triturado	
6A	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	184,00	0,40	0,54	54,99	10,45	106,56	2,20	10,21	Gypsum con 40% de GFRP triturado	
8A	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	168,00	0,50	0,56	57,50	10,93	111,42	1,98	11,86	Gypsum con 50% de GFRP triturado	
9A	400,0	300,0	9,5	3800,00	3800,00	173,00	0,50	0,56	57,11	10,85	110,67	2,30	10,14	Gypsum con 50% de GFRP triturado	
11A	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	170,00	0,30	0,71	72,80	7,99	81,48	1,99	6,56	Gypsum con 30% de GFRP triturado	
12A	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	172,00	0,30	0,72	73,36	8,05	82,10	1,97	6,68	Gypsum con 30% de GFRP triturado	
14A	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	196,00	0,40	0,78	79,09	8,68	88,52	1,98	7,16	Gypsum con 40% de GFRP triturado	
15A	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	184,00	0,40	0,78	79,55	8,73	89,04	1,96	7,28	Gypsum con 40% de GFRP triturado	
17A	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	168,00	0,50	0,82	83,74	9,19	93,73	1,97	7,62	Gypsum con 50% de GFRP triturado	
18A	400,0	300,0	12,5	5000,00	5000,00	173,00	0,50	0,83	84,92	9,32	95,04	1,98	7,69	Gypsum con 50% de GFRP triturado	
20A	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	170,00	0,30	0,85	87,11	6,64	67,71	1,85	4,89	Gypsum con 30% de GFRP triturado	
21A	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	172,00	0,30	0,84	86,11	6,56	66,93	1,89	4,73	Gypsum con 30% de GFRP triturado	
23A	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	196,00	0,40	0,87	88,94	6,78	69,13	1,86	4,96	Gypsum con 40% de GFRP triturado	
24A	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	184,00	0,40	0,88	89,41	6,81	69,49	1,84	5,04	Gypsum con 40% de GFRP triturado	
26A	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	168,00	0,50	0,91	93,33	7,11	72,54	1,78	5,44	Gypsum con 50% de GFRP triturado	
27A	400,0	300,0	15,0	6000,00	6000,00	173,00	0,50	0,92	93,70	7,14	72,83	1,85	5,25	Gypsum con 50% de GFRP triturado	

Anexo 3: Ensayo de dureza de probetas del material compuesto

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA PARA ENSAYOS DE DUREZA SUPERFICIAL EN PROBETAS DE GYPSUM CON AGREGADO DE GFRP TRITURADO						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS:						
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales		Campus Huachi			
Equipo:	Identador de bola					
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.					
Tipo de material:	Gypsum con GFRP					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de Medición:	Tamaño de huella	Tamaño de bola:	50 mm			
Peso de bola:	517 gr	Temperatura de probeta:	40 ° C			
Dimensiones (mm):	400 mm x 300 mm	No de Probetas	27			
MEDICIONES						
Datos de Ensayo realizado bajo normativa NTE-INEN-EN 520						
Código	Espesor de probeta (mm)	% de Agregado de GFRP	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)
1BC	12,5	100%	19	19	20	19,33
2BC	12,5	100%	19	20	20	19,67
3BC	12,5	100%	20	19	20	19,67



 Ing. Sebastián Villegas
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



RESULTADOS DE MEDICIONES DE TAMAÑO DE LA HUELLA PARA
ENSAYOS DE DUREZA SUPERFICIAL EN PROBETAS DE GYPSUM CON
AGREGADO DE GFRP TRITURADO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Identador de bola		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Gypsum con GFRP		

PARÁMETROS DE ENSAYO

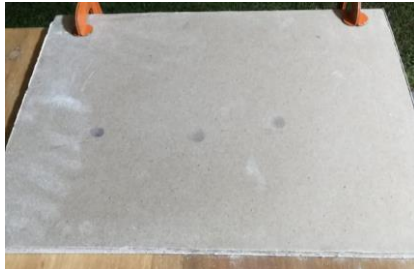
Tipo de Medición:	Tamaño de huella	Tamaño de bola:	50 mm
Peso de bola:	517 gr	Temperatura de probeta:	40 ° C
Dimensiones (mm):	400 mm x 300 mm	No de Probetas	27

MEDICIONES

Datos de Ensayo realizado bajo normativa NTE-INEN-EN 520


Código	Espesor de probeta (mm)	% de Agregado de GFRP	1ra. Medición (mm)	2da. Medición (mm)	3ra. Medición (mm)	Media (mm)
1B	9,5	30%	12	14	14	13,33
2B	9,5	30%	14	13	13	13,33
3B	9,5	30%	12	14	13	13,00
4B	9,5	40%	13	12	12	12,33
5B	9,5	40%	13	13	13	13,00
6B	9,5	40%	14	14	13	13,67
7B	9,5	50%	14	13	13	13,33
8B	9,5	50%	13	14	14	13,67
9B	9,5	50%	14	12	13	13,00
10B	12,5	30%	15	14	14	14,33
11B	12,5	30%	14	13	13	13,33
12B	12,5	30%	13	12	13	12,67
13B	12,5	40%	12	12	12	12,00
14B	12,5	40%	13	12	13	12,67
15B	12,5	40%	14	13	14	13,67
16B	12,5	50%	14	14	15	14,33

17B	12,5	50%	13	14	14	13,67
18B	12,5	50%	15	14	14	14,33
19B	15	30%	14	13	13	13,33
20B	15	30%	12	14	13	13,00
21B	15	30%	13	13	13	13,00
22B	15	40%	13	13	14	13,33
23B	15	40%	13	14	13	13,33
24B	15	40%	14	14	14	14,00
25B	15	50%	12	13	14	13,00
26B	15	50%	12	14	13	13,00
27B	15	50%	12	13	13	12,67



Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO
INGENIERÍA MECÁNICA

Anexo 4: Ensayo de conductividad térmica en probetas de material compuesto

	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA FORMATO TÉCNICO REPORTE DE CONDUCTIVIDAD		LABET FT 05
	Edición 3	Fecha de revisión: 2019/08/31	Fecha de aprobación: 2019/08/31

Guayaquil, 26 de Mayo del 2021

Código de Solicitud S21-005

Atención: Erika Pamela Freire Quinga

Requerimiento:

Ensayo para la determinación de conductividad térmica en muestras de gypsum con triturado de residuos de material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio

Metodología:

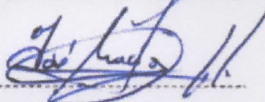
El ensayo para la determinación de conductividad térmica es fundamentado en el estándar ISO 8302 por el método de placa caliente resguardada. El procedimiento permite medir conductividad térmica desde 0,002 hasta 2,500 W/m-K. Los ensayos pueden ser ejecutados en un rango de temperatura desde 10°C hasta 40°C, con un diferencial de temperatura de 15°C (entre placas). El método muestra limitación sobre materiales heterogéneos o no isotrópicos. Las modificaciones al procedimiento estándar se listan en la hoja 2 del presente informe.

Equipamiento:

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente
Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.
Muestra de Verificación: Etal 210
Verificación: 2021-01-21
Accesorios: Aplicación de almohadillas de relleno y sensores tipo película.

Declaración:

- * Los Resultados del presente informe son atribuibles únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).
- * El LABET no realiza procedimientos de muestreo.
- * Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin autorización manifiesta del LABET.



Analista Técnico



Edición 3

LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA
FORMATO TÉCNICO
REPORTE DE CONDUCTIVIDAD

LABET FT 05

Fecha de revisión: 2019/08/31

Fecha de aprobación: 2019/08/31

Pag 2 de 5

Condiciones y descripción de la(s) Muestra(s):

	Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Densidad (kg/m ³)	Fecha de recepción	Otros (Color, composición)
1C	2105001	498	499	10	3250,41	1308	2021-05-19	Mezcla de Gypsum y residuos de GFRP triturado
2C	2105002	499	500	10	3263,46	1308	2021-05-19	
3C	2105003	500	495	10	3237,30	1308	2021-05-19	
4C	2105004	498	498	10	2886,77	1164	2021-05-19	
5C	2105005	499	497	10	2886,75	1164	2021-05-19	
6C	2105006	497	500	10	2892,54	1164	2021-05-19	
7C	2105007	500	500	10	2550,00	1020	2021-05-19	
8C	2105008	493	500	10,1	2539,44	1020	2021-05-19	
9C	2105009	500	500	10	2550,00	1020	2021-05-19	
10C	2105010	500	496	13	4216,99	1308	2021-05-19	
11C	2105011	498	498	13	4217,06	1308	2021-05-19	
12C	2105012	500	500	13	4251,00	1308	2021-05-19	
13C	2105013	497	500	13,1	3789,23	1164	2021-05-19	
14C	2105014	498	498	13	3752,80	1164	2021-05-19	
15C	2105015	499	497	13	3752,78	1164	2021-05-19	
16C	2105016	500	500	13	3315,00	1020	2021-05-19	
17C	2105017	500	500	13,1	3340,50	1020	2021-05-19	
18C	2105018	498	496	13	3275,33	1020	2021-05-19	
19C	2105019	499	500	15	4895,19	1308	2021-05-19	
20C	2105020	496	494	15	4807,37	1308	2021-05-19	
21C	2105021	500	495	15	4855,95	1308	2021-05-19	
22C	2105022	495	500	15	4321,35	1164	2021-05-19	
23C	2105023	498	500	15	4347,54	1164	2021-05-19	
24C	2105024	497	500	15	4338,81	1164	2021-05-19	
25C	2105025	497	500	15	3802,05	1020	2021-05-19	
26C	2105026	500	497	15	3802,05	1020	2021-05-19	
27C	2105027	498	500	15	3809,70	1020	2021-05-19	



Edición 3

**LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA
FORMATO TÉCNICO
REPORTE DE CONDUCTIVIDAD**

LABET FT 05

Fecha de revisión: 2019/08/31

Fecha de aprobación: 2019/08/31

Pag 3 de 5

Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):

1.- 2105001 a 2105027, equilibrio con el sitio de la prueba (24 h).

Modificaciones al procedimiento o a las muestras:

1.- 2101001 a 2105027, aplicación de almohadillas de relleno y sensores adicionales tipo película.

Condiciones ambientales de ensayo:

Código de Muestra:	Todas	Fecha de ensayo:	2021-05-25
Temperatura Ambiente Promedio:	17,2	°C	
Humedad Relativa:	64,5	%	



Edición 3

**LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA
FORMATO TÉCNICO
REPORTE DE CONDUCTIVIDAD**

LABET FT 05

Fecha de revisión: 2019/08/31

Fecha de aprobación: 2019/08/31

Pag 4 de 5

Resultado

Código de Solicitud: S21-005

Temperatura media de ensayo: 28 °C
Diferencia de Temperatura: 15 °C

Conductividad Térmica:

Id. Muestra

0,141	W/m-K	2105001
0,143	W/m-K	2105002
0,141	W/m-K	2105003
0,125	W/m-K	2105004
0,127	W/m-K	2105005
0,123	W/m-K	2105006
0,109	W/m-K	2105007
0,107	W/m-K	2105008
0,109	W/m-K	2105009
0,141	W/m-K	2105010
0,141	W/m-K	2105011
0,142	W/m-K	2105012
0,125	W/m-K	2105013
0,125	W/m-K	2105014
0,126	W/m-K	2105015
0,109	W/m-K	2105016
0,108	W/m-K	2105017
0,109	W/m-K	2105018
0,141	W/m-K	2105019
0,143	W/m-K	2105020
0,144	W/m-K	2105021
0,127	W/m-K	2105022
0,129	W/m-K	2105023
0,131	W/m-K	2105024
0,109	W/m-K	2105025
0,107	W/m-K	2105026
0,103	W/m-K	2105027



Edición 3

**LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA
FORMATO TÉCNICO
REPORTE DE CONDUCTIVIDAD**

LABET FT 05

Fecha de revisión: 2019/08/31

Fecha de aprobación: 2019/08/31

Pag 5 de 5

Observaciones:

* El procedimiento de ensayo es una variación al método en proceso de designación SAE.

Responsable Técnico