



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Construcción

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA TRITURADA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TERMOACÚSTICAS DE UNA PLANCHA DE YESO CARTÓN”

Por

Víctor Arriola Prieto

Tesis para optar al Grado de Licenciado de la Construcción y
Título de Ingeniero Constructor

Prof. Guía: Andrés Jamet Aguilar

Valparaíso, Diciembre Del 2018

Índice

Listado de Figuras.....	6
Listado de Tablas.....	7
Listado de Figuras.....	8
Resumen.....	9
CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES.	
1.1–Introducción.....	11
1.2 -Planteamiento del problema.....	13
1.3 –Objetivos de la investigación.....	15
1.3.1 -Objetivo General.....	15
1.3.2 -Objetivo específico.....	15
1.4 –Alcance.....	16
1.5 –Metodología de la investigación.....	17
1.6 -Estructura de tesis.....	18
CAPITULO II: YESO, CÁSCARA DE ALMENDRA Y CARTÓN	
2.1 – Yeso como material.....	20
2.1.1 –Antecedentes históricos de la utilización del yeso.....	20
2.1.2 –Definición del yeso.....	20
2.1.3 –Características del yeso.....	21
2.1.4 –Propiedades del Yeso.....	22
2.2 –Yeso cartón.....	24
2.2.1 –Aplicación de las planchas de yeso cartón.....	24
2.2.2 –Requerimientos NCh 146/1 Of 2000.....	24
2.2.3 –Ventajas de las placas yeso cartón.....	25
2.2.4 –Investigaciones realizadas.....	25
2.2.4.1 –Yeso con fibra de celulosa.....	26
2.2.4.2 –Utilización de la cáscara de nuez Chandler en el yeso.....	26
2.2.4.3 –Mezclas de residuos de polietileno expandido (EPS) conglomerado con yeso para su uso en la construcción.....	26
2.3 – La Almendra.....	27
2.3.1 – Característica de la Almendra.....	27
2.3.2 –Producción de la almendra.....	28

2.3.3 – Proceso de la almendra.....	29
2.3.3.1 –Variedades.....	29
2.3.3.2 –Pre Cleaner.....	29
2.3.4 –Características de la cáscara de almendra.....	30
2.3.5 –Investigación de la cáscara de almendra.....	30
2.3.5.1 –Composite de cáscara de almendra “Duralmond”.....	30
2.3.5.2 – Aprovechamiento de residuos orgánicos (cáscara de almendra) para sustitución de árido grueso en la elaboración de hormigón convencional.....	30
2.4 –Conceptos relacionados con la aislación acústica.....	31
CAPITULO III: DISEÑO DE LA EXPERIENCIA.	
3.1 –Diseño General De La Experiencia.....	34
3.2 –Variables de la investigación.....	34
3.2.1 –Variables independientes.....	34
3.2.2 –Variable dependiente.....	34
3.3 –Elaboración de las probetas.....	35
3.4 –Materiales y métodos.....	35
3.4.1 –Cáscara de almendra.....	35
3.4.2 –Yeso.....	36
3.4.3 –Cartón.....	36
3.4.4 –Adhesivo.....	37
3.4.5 – Agua.....	38
3.4.6 – Moldes metálicos.....	38
3.4.7 –Bases de vidrio.....	38
3.4.8 –Maquina para realizar ensayo de flexión.....	38
3.4.9 – Otros Elementos.....	39
3.5 –Diseño del experimento.....	39
3.5.1 –Diseño del molde.....	39
3.5.2 –Combinaciones de agregado, ensayos y codificación de las probetas.....	40
3.5.3 –Dosificación de las probetas.....	41
3.6 Ensayos.....	42
3.6.1 Calculo de Densidades.....	42
3.6.2 –Ensayo de resistencia a la flexión. (NCh 146/2. Of 2000).....	43
3.6.3 – Ensayo Resistencia al impacto. (NCh 146/2. Of 2000).....	46

3.6.4 –Ensayo de Resistencia a la humedad. (NCh 146/2. Of 2000)	46
3.6.5 –Ensayo térmico. (NCh 2251 Of 1994 y NCh 853 Of 1991)	47
3.6.6 –Ensayo Acústico. (NCh 2785. Of 2003 y NCh 2786. Of 2003)	48
3.7 –Control de curado de probetas.	48
CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA.	
4.1 –Obtención de la cáscara de almendra triturada.....	50
4.2 –Tamizado y determinación de la granulometría para su caracterización.	50
4.3 –Características físicas de la cáscara de almendra triturada.	52
4.3.1 –Densidad real.....	52
4.3.2 –Densidad aparente suelta y compactada de la cáscara de almendra.....	53
4.3.3 –Capacidad de retención de agua.....	54
4.4 –Elaboración de las placas.	55
4.5 –Control de la masa de las probetas.....	57
4.6 –Ensayo Resistencia Al Impacto.....	58
4.7 –Ensayo de Resistencia a la Humedad.	59
4.8 – Ensayo de Resistencia a la Flexión.....	60
4.9 –Ensayo Acústico.....	61
4.10 –Ensayo Térmico.	62
CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS.	
5.1 –Densidad de las placas.	64
5.2 –Ensayo de Resistencia al Impacto.	65
5.3 –Ensayo de Resistencia a la Humedad.	67
5.4 –Ensayo Resistencia a la Flexión.	69
5.5 –Ensayo Acústico.....	72
5.6 – Ensayo Térmico.	75
CAPITULO VI: CONCLUSIONES.	
6.1 – CONCLUSIONES:	79
6.1.1 –Conclusiones respecto a la densidad.	79
6.1.2 – Conclusiones respecto ensayo resistencia al impacto.	79
6.1.3 –Conclusiones respecto ensayo de resistencia a la humedad	79
6.1.4 –Conclusiones respecto ensayo resistencia a la flexión.....	80
6.1.5 –Conclusiones respecto ensayo acústico.	80

6.1.6 –Conclusiones respecto ensayo térmico.....	81
6.1.7 – Conclusiones generales de la investigación.	81
Anexos.....	82
1.- Evaluación de costos de la plancha de yeso cartón.....	82
2.- Control de curado de placas	84
Bibliografía	88

Listado de Figuras

Figura N°2. 1: Yeso natural.....	21
Figura N°2. 2: Trabajabilidad del yeso	22
Figura N°2. 3: Habitabilidad del yeso.....	22
Figura N°2. 4: Durabilidad del yeso.....	23
Figura N°2. 5: Almendros Fundo Don José Luis.....	27
Figura N°2. 6: Descripción física de la almendra.....	27
Figura N°2. 7: Mercado de la almendra.....	28
Figura N°2. 8: Residuo de la producción de almendra y maquina pre-cleaner..	29
Figura N°3. 1: Yeso espuma romeral.....	36
Figura N°3. 2: Cartón Gramaje 250 g/m2.....	36
Figura N°3. 3: Pegamento Papel mural 200 g.	37
Figura N°3. 4: Maquina Ensayo Resistencia a la flexión.....	38
Figura N°3. 5: Moldes para probetas.	39
Figura N°3. 6: Especificaciones, maquina ensayo resistencia a la flexión.....	44
Figura N°3. 7: Maquina Resistencia a la flexión, esquema.	45
Figura N°3. 8: Formula % absorción de agua.	46
Figura N°3. 9: Esquema Cámara ensayo térmico.	47
Figura N°3. 10: Esquema Cámara ensayo acústico.	48
Figura N°4. 1: Cáscara de almendra triturada.....	50
Figura N°4. 2: cuarteo y tamizado.....	51
Figura N°4. 3: Componentes de la probeta.....	55
Figura N°4. 4: Mezcla de componentes.	55
Figura N°4. 5: Pasta de yeso, enrasado.....	56
Figura N°4. 6: Desmoldado de placas.....	56
Figura N°4. 7: Almacenamiento y acondicionamiento de las placas.	57
Figura N°4. 8: Ensayo de Resistencia al Impacto.....	59
Figura N°4. 9: Ensayo de resistencia a la humedad.	60
Figura N°4. 10: Ensayo Resistencia a la Flexión.....	60
Figura N°4. 11: Ensayo acústico.	61
Figura N°4. 12: Ensayo térmico.....	62

Listado de Tablas.

Tabla N°2. 1: Resistencia a la Flexión.	25
Tabla N°2. 2: Clasificación de niveles de ruido.....	32
Tabla N°3. 1: Preparación del adhesivo.	37
Tabla N°3. 2: Ensayos, códigos, línea de producción y número de probetas.	40
Tabla N°3. 3: Dosificaciones para probetas de 300x300x15 mm.....	41
Tabla N°3. 4: Dosificación para probetas de 400x300x15mm.	41
Tabla N°3. 5: Dosificación para probetas de 650x600x15mm	42
Tabla N°3. 6: Normas utilizadas en la caracterización de la cáscara de almendra.	43
Fuente: Elaboración propia, 2018. Tabla N°47: Control de placas 650x600x15mm.....	86
Tabla N°58: Control de curado de placas 600x650x15mm.	87
Tabla N°4. 1: Granulometría de la cáscara de almendra, variedad Non pareil.....	51
Tabla N°4. 2: Densidad real de la cáscara de almendra triturada.....	52
Tabla N°4. 3: Densidades obtenidas por Sotomayor, 2017.	53
Tabla N°4. 4: Densidad aparente suelta.....	53
Tabla N°4. 5: Densidad aparente compactada.....	54
Tabla N°4. 6: Capacidad de retención de agua de la cáscara de almendra triturada.	54
Tabla N°5. 1: Registro, densidades de placas.....	64
Tabla N°5. 2: Registro, ensayo de resistencia por impacto.....	65
Tabla N°5. 3: Diferencia % entre placas V/S muestra patrón.....	66
Tabla N°5. 4: Porcentaje de absorción de agua.	67
Tabla N°5. 5: Resultados ensayo resistencia a la flexión.	69
Tabla N°5. 6: Resumen promedios del ensayo resistencia a la flexión.	71
Tabla N°5. 7: Resumen Ensayo Acústico.	72
Tabla N°5. 8: Diferencias porcentuales MP (tabla1) y SP (tabla2)	75
Tabla N°5. 9: Promedio de resultados Ensayo Térmico.	76
Tabla N°5. 10: Diferencia porcentual de T° respecto a la muestra patrón.	76

Listado de Figuras

Grafico N°2. 1: Umbral de audición	31
Grafico N°4. 1: Granulometría de la cáscara de almendra	52
Grafico N°4. 2: Control de la masa de las probetas.	58
Grafico N°5. 1: Control de la densidad de curado.....	64
Grafico N°5. 2: Resistencia al impacto.	65
Grafico N°5. 3: Resistencia a la Humedad.....	68
Grafico N°5. 4: Grafico Ensayo resistencia a la flexión.....	70
Grafico N°5. 5: Comparación de valores, ensayo de resistencia a la flexión.	71
Grafico N°5. 6: Comportamiento del nivel de sonido por cada tipo de frecuencia.	73
Grafico N°5. 7: Comparación de resultados en el ensayo acústico.....	73
Grafico N°5. 8: Comparación de resultados en el ensayo acústico.....	74
Grafico N°5. 9: Resultado ensayo térmico, comparados a la muestra patrón MP	76
Grafico N°5. 10: Comportamiento placas ensayo térmico.....	77

Resumen

Esta investigación tiene la finalidad de estudiar un nuevo material confeccionado con un subproducto del mercado de la almendra que nos ayude a mitigar las actuales deficiencias térmicas de los hogares y a su vez reducir la contaminación del aire por material particulado, en las ciudades chilenas por el alto consumo de leña. Problemática actual generada en los meses de invierno en Chile. Es así que se evalúa la factibilidad de la elaboración de una placa de yeso cartón con agregado de cáscara de almendra triturada, proveniente del residuo de la producción de almendra. Como un producto normado, eficiente y productivo, que integre líneas desde el punto de vista de la ingeniería, como por ejemplo los objetivos del desarrollo sostenible, adoptadas por el gobierno.

Entonces la necesidad de buscar nuevas soluciones antes esta problemática, se plantea la evaluación de la incorporación de la cáscara de almendra triturada en las propiedades mecánicas y termo acústica de una placa de yeso cartón, esta integración de la cáscara de almendra a la placa de yeso cartón se realizará en porcentajes de 10%, 20% y 30%. En cuanto a la elaboración de las placas de yeso cartón y sus correspondientes ensayos, se realizarán en base a la normativa NCh 146/1 Of 2000 y NCh 146/2 Of 2000. Con el fin de determinar las exigencias para desarrollar un nuevo material.

Se presentan la caracterización de los elementos, datos, análisis y conclusiones de cada procedimiento establecido por la norma, adecuándose alguna de ellas a materiales que no cuenten con normativa. De esta forma se logra obtener información como densidad del nuevo producto, humedad, flexión, comportamiento acústico y térmico en otros. Así entonces se determina la factibilidad de desarrollar una placa de yeso cartón con una incorporación de cáscara de almendra triturada que mejore las condiciones térmicas de viviendas habitacionales.

Sin duda esta investigación puede resultar atractiva para empresas dedicadas a estudiar nuevos componentes para la fabricación de nuevos materiales, ya que esta al tener una línea investigativa ecológica y de confort térmico, podría potenciar su producción. Debido a las nuevas estrategias adoptadas por el gobierno en el marco del desarrollo sostenible.

CAPITULO I ANTECEDENTES GENERALES.

1.1–Introducción.

Hoy en día, una problemática importante es armonizar la comodidad con el estilo de vida sustentable. La vivienda en sí es en dónde se consume gran parte de la energía utilizada y donde más difícil es hacer esfuerzos para mejorar su rendimiento energético (Watine, 2007).

Las políticas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) hace bastantes años ya están apuntando a lograr este confort térmico mediante el acondicionamiento de las viviendas existentes para lograr disminuir en la mayor forma posible el consumo de energía. A la vez se busca optimizar el uso de recursos energéticos utilizados.

En Chile, cerca del 25% de la energía generada se utiliza en el sector residencial, siendo aproximadamente el 56% utilizado en calefacción de viviendas (MINERGÍA, 2010). Por esto es clave reducir este consumo de energía en calefacción, para contribuir así a una disminución en el consumo de energético del país.

Los principales combustibles utilizados en la calefacción de viviendas son la leña, con un 59% del total del consumo, seguidos de menor cantidad por el gas licuado (17%), electricidad (15%) y gas natural (7%), si se logra un correcto acondicionamiento de la vivienda, es posible disminuir el consumo de energía para la calefacción, lo que se traduce en una mejor calidad del aire dentro y fuera de la vivienda y una mejor calidad de vida para los usuarios (CChC, 2015).

Además, unas de las tendencias innovadoras para enfrentarse a las grandes cantidades de basura en el mundo, se basa en cambios de paradigma, en torno al manejo de los residuos, partiendo de la definición de basura, su manejo y disposición, así como sus consecuentes cambios administrativos (Zavala-Ramírez, 2015). Es diferente llamar basura a ciertos objetos, que material reciclable. El primer gran cambio se dio en Estados Unidos cuando se dejó de hablar de basura y se comenzó a hablar de la administración del ciclo de materiales. Este concepto modificó la idea de desechos, por otro dirigido a vigilar el ciclo del material utilizado y la posibilidad de reusarlo o reciclarlo. Ashby (2001) evaluó los mecanismos del desarrollo de materiales para el siglo XXI y concluye que se está creando la necesidad de adaptar el diseño y los materiales, para enfrentar esta problemática, lo que resulta primordial para restaurar el equilibrio con el medio ambiente.

Por esta razón la industria de la Construcción en Chile es un motor fundamental del desarrollo y uno de los sectores más importantes en la generación del valor agregado, además concentra el 64,4% de la inversión y el 7,3% del PIB Nacional (Mas, 2015), pero también es quien más contribuye a la generación de problemas ambientales. Afortunadamente, en esta industria puede recibir residuos y subproductos, para su reciclado, por el gran volumen de materiales que maneja. Es posible incluir un porcentaje significativo de materiales de reciclado en la formulación de materiales para la construcción; residuos de los procesos de la generación de energía (Lemeshev et al., 2001), restos de la industria agroalimentaria (Gregorová, Pabst & Bohaaenko, 2006), otros materiales orgánicos (Demir, 2008) entre otros.

El residuo de interés para su aprovechamiento en el desarrollo del presente trabajo es la cáscara de almendra obtenida de la agroindustria referida a una biomasa triturada, obtenida de la cosecha de la almendra y equivale cerca del 25% del volumen de todo el fruto. La industria de la almendra generó y exportó aproximadamente 13.700 toneladas de almendra en pepa el 2015, con una proyección de producción de 23.037 toneladas en 2025 (IQonsulting, 2016). Una cantidad significativa de estos residuos, podrían ser utilizadas en la fabricación de materiales para la construcción. La mayor parte de estos residuos termina en la alimentación de animales, no llevan consigo ningún tipo de procesamiento posterior, se comercializan tal cual como se eliminan del proceso, es decir, en camiones a granel (IQonsulting, 2016).

Por otra parte, si se toma en cuenta que actualmente el uso de yeso cartón a nivel de revestimiento interior, es que asoma como un material que puede seguir mejorando, buscando nuevas combinaciones y aleaciones con nuevos materiales (Lazo, 2014). Así queda demostrado a través de diversas investigaciones que han permitido modificar las características físicas y mecánicas del yeso, obteniendo nuevos productos, tal como es el caso de INTERGYPSUM, el cual es un panel de fibra-yeso que se compone de una mezcla homogénea de yeso y fibra celulósica procedente del papel reciclado, que se mezcla con agua para el fraguado del yeso. Así también otro punto importante dentro de estas investigaciones es conseguir reducir la densidad del yeso, la adición en la pasta de yeso de cargas ligeras como por ejemplo la cáscara de nuez, han permitido reducir la densidad mejorando el coeficiente de transmisión térmica. La sustitución de 5% y 20% de cáscara de nuez produce una reducción de un 11% del peso con relación a las probetas de referencia (Marlenin, 2011). Además, cabe destacar que la plancha de yeso cartón es de conocido uso en la construcción y en especial su uso a nivel de revestimiento interior.

Es así que, como consecuencia de este razonamiento, se plantea como tema de investigación Evaluar la influencia de la incorporación de la cáscara de almendra triturada en las propiedades mecánicas y termo acústicas de una placa de yeso cartón.

1.2 -Planteamiento del problema.

Las viviendas están expuestas de manera continua a las inclemencias meteorológicas, cambios de temperatura, ruidos, partículas en suspensión entre otros. Es nuestra responsabilidad evitar que estos efectos se perciban en el interior de un hogar, ya que estos al no ser controlados pueden provocar diferentes perjuicios que afectan nuestra salud

El ahorro de energía es un tema muy actual en Chile. En el sector de la construcción hay dos frentes divergentes: por un lado, el confort interior insuficiente y por otro, el alto consumo energético, siendo ambos productos de una edificación deficiente (Hatt, 2012).

La situación del clima interior en las viviendas en Chile, según lo investigado por Campos (Campos, 2008) en su estudio: “Determinación de línea base anual para la evaluación de la inversión en eficiencia energética en el sector residencial invierno 2007 - verano 2008”, tiene dos lados extremos. Por una parte, se muestran las viviendas de los sectores socioeconómicos medio-bajo, con un clima interior poco agradable, húmedo y con problemas de crecimiento de moho. Según él, la temperatura de las viviendas en invierno es en promedio, según las muestras investigadas, de 15.7°C y la percepción de excesivo calor en verano en una vivienda es de 69.8%. En cambio, en el sector opuesto, el consumo de energía para ambas temporadas (invierno /verano) resulta ser excesiva. En el sector socioeconómico medio-alto, las casas consumen una gran parte de la energía residencial en Chile, para calefacción, refrigeración, agua caliente y luz. Los gastos en calefacción llegan, para Santiago y Concepción, hasta los \$200.000 mensuales.

Teniendo en cuenta este intercambio de calor y las variaciones de temperatura durante el año, el diseño de las viviendas debe hacerse considerando las condiciones climáticas y los recursos naturales del lugar en que se ubique la vivienda, todo ello con el objetivo de minimizar el consumo energético del hogar (Romero, 2011).

El motivo principal de esta investigación es estudiar la posibilidad de la incorporación de la cáscara de almendra triturada como sustituto del yeso en una placa de yeso cartón, con la intención de aprovechar este residuo que la naturaleza nos entrega aportando una mejora del confort térmico de sus habitantes.

El sector de la construcción en la actualidad es una actividad que utiliza una gran variedad de productos obtenidos a través de la explotación de materias primas, las cuales impactan directamente sobre el medio ambiente y las personas. Es por ello que hoy en día surgen nuevas alternativas para mitigar la sobreexplotación de los recursos naturales, como la utilización de residuos generados en otros procesos.

Por otra parte, los residuos, dado al ritmo de su crecimiento, constituyen uno de los problemas más graves de la industria actual. Su generación está estrechamente relacionada con el ciclo de los materiales, desde la extracción hasta el momento en que son desechados, puesto que los materiales se transforman en residuos como resultado de una serie de procesos de producción y consumo (Marte, 2011).

Chile tiene actualmente 8.000 ha superficie plantada de almendros, las cuales produjeron 13.700 toneladas de almendra en base pepa en 2015, con una proyección de producción de 23.037 toneladas en 2025. La participación de la AFC (Agricultura Familiar Campesina) es de 6,9% en superficie y un aporte estimado de 516 toneladas de almendras base con pelón. La AFC está representada por 194 productores que tienen alguna extensión de almendros y ellos están altamente concentrados en la RM (61%), le sigue VI y V Región con 17% y 14% (IQonsulting, 2016).

En este contexto se desarrolla este análisis, en el aprovechamiento de este residuo que se genera en grandes cantidades, producto de la cantidad de toneladas de almendras que son exportadas cada año y comercializa en el mercado nacional.

1.3 –Objetivos de la investigación.

1.3.1 -Objetivo General.

- ❖ Evaluar la influencia de la incorporación de la cáscara de almendra triturada en las propiedades mecánicas y termo acústicas de una placa de yeso cartón.

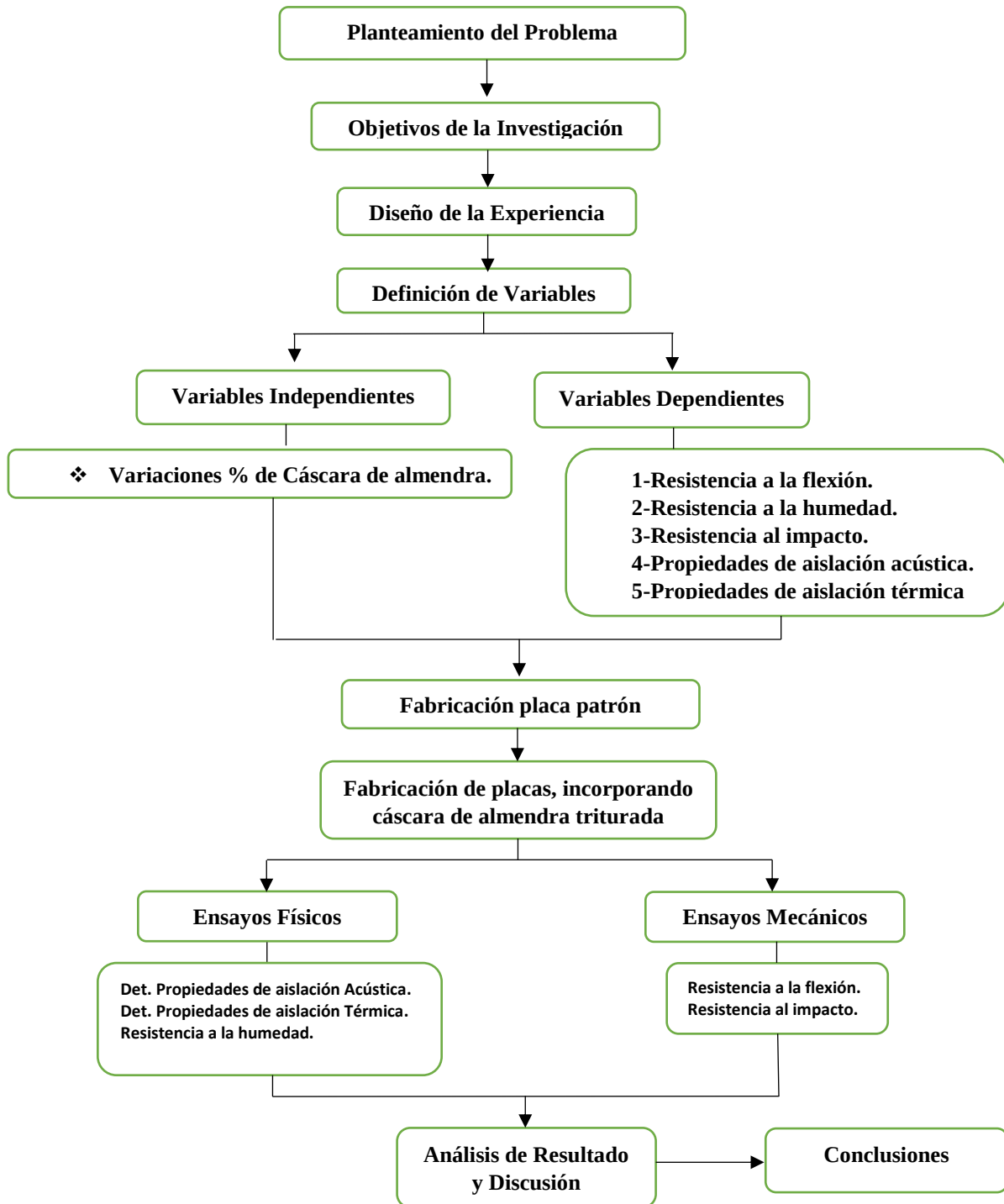
1.3.2 -Objetivo específico.

- ❖ Determinar la influencia que la incorporación de cáscaras de almendra triturada tiene en la resistencia a la flexión de una placa de yeso cartón.
- ❖ Verificar la influencia que la incorporación de cáscaras de almendra triturada tiene en la resistencia por impacto de una placa de yeso cartón.
- ❖ Determinar la influencia que la incorporación de cáscaras de almendra triturada tiene en las Propiedades de aislación acústica de una placa de yeso cartón.
- ❖ Determinar la influencia que la incorporación de cáscaras de almendra triturada tiene en las propiedades de aislación térmica de una placa de yeso cartón.

1.4 –Alcance.

- ❖ Las dimensiones de las placas serán de acuerdo a la Normativa Chilena 146/1 Of 2000. El espesor escogido para cada placa es de 15 milímetros, compatible con el tamaño máximo de la cáscara de almendra triturada.
- ❖ El desarrollo de la investigación se realizará en los laboratorios de la carrera Ingeniería en Construcción, pertenecientes a la Universidad de Valparaíso, Playa Ancha, Ciudad de Valparaíso.
- ❖ Se aplicarán solo ensayos requeridos para placas de yeso cartón (Resistencia a la flexión, Resistencia al impacto y Resistencia a la humedad), de acuerdo a la NCh146/2 Of 2000 y se realizarán ensayos para determinar las características térmicas y acústicas basándose en el procedimiento utilizado por López, (2013).
- ❖ Se incorporará cáscara de almendra triturada como material reciclado proveniente de la agroindustria, específicamente del mercado de la almendra. En distintas integraciones porcentuales 10%, 20% y 30% del volumen total de cada placa. Estas se comparan respecto a una muestra patrón elaborada en conjunto con el resto de las placas.
- ❖ La cáscara de almendra será del tipo Non Pareil proveniente del Fundo Don José Luis, comuna de Codegua, Sexta Región. El tamaño predominante de la cáscara estará entre la malla 10 y 5, determinada a través de la NCh 163. Of79. “Áridos para morteros y hormigones –Requisitos generales”.
- ❖ El cartón a utilizar en cada placa es del tipo cartón forrado de gramaje de 250 gr/m². Se aplicará una capa en ambos lados de cada placa, en una orientación paralela al largo de cada placa.
- ❖ El yeso a utilizar en el desarrollo de la investigación es Yeso Espuma Romeral en un formato comercial de 25 kilogramos.
- ❖ La cáscara de almendra triturada no se aplicará ningún tratamiento previo, ya que este no interfiere con el curado del yeso.

1.5 –Metodología de la investigación.



Fuente: elaboración propia, 2018.

1.6 -Estructura de tesis.

La estructura de la investigación está compuesta por seis capítulos.

El primer capítulo se compone por el planteamiento del problema desde el punto de vista de un ingeniero constructor, donde se hace referencias a los diferentes autores leídos, además se plantean los objetivos de la investigación, alcances, metodología y estructura de la investigación, argumentando en una forma general, como se realizará la totalidad del trabajo de pre grado.

El segundo capítulo expone el marco teórico en que se basa la investigación, planteando materiales, requerimientos y características. Así también justificar cada uno de los componentes de la investigación, proporcionando un conocimiento profundo de la teoría utilizada.

El tercer capítulo tiene relación al diseño de la experiencia, en donde se especifica el diseño de la placa de yeso cartón, integrando los diferentes materiales a utilizar (cáscara de almendra triturada, yeso, cartón y agua entre otros), porcentajes, dimensiones, equipos y herramientas de acuerdo a la norma NCh 146 Of. 2000. Además se describirán los métodos y ensayos que se realizan a cada una de las placas a ensayar.

El cuarto capítulo está determinado por el desarrollo de la experiencia, donde se ilustra y se comenta el trabajo empírico de cada ensayo.

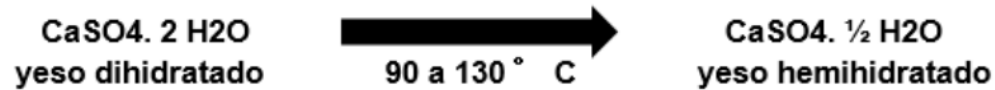
El quinto capítulo se generan los resultados y con ello el análisis de cada ensayo realizado. Constituido por tablas y gráficos.

En el sexto capítulo se realiza una exposición de las conclusiones.

CAPITULO II
MARCO TEORICO
Yeso, Cáscara de almendra y Cartón.

2.1 – Yeso como material.

El yeso es el resultado de la cocción, a temperatura moderada, de la roca de yeso o sulfato de calcio dihidratado. Los yesos son materiales complejos ya que, según la temperatura y las condiciones de cocción, es posible obtener diferentes tipos de productos (Nolhier, 1986).



En la investigación se diseñará y estudiara un nuevo producto para el rubro de la construcción, el cual funcionara para revestimiento interior (placa) elaborado con yeso y agregado de cáscara de almendra triturado, la cual se comparara con una muestra patrón elaborada con el mismo tipo de yeso.

La placa o plancha de yeso cartón, es un producto muy utilizado en el rubro de la construcción, cuyos componentes están distribuidos en forma simétrica. Cuyo centro lo forma el yeso y componentes especiales, revestido por ambos lados con una lámina de cartón altamente resistente.

2.1.1 –Antecedentes históricos de la utilización del yeso.

El yeso se originó hace unos 200 millones de años como resultado de depósitos marinos cuando algunas fracciones de nuestros continentes eran inmensas extensiones oceánicas. Durante este período algunos mares se secaron dejando lechos de yeso que se recubrieron para ser descubiertos posteriormente por el hombre.

En el antiguo Egipto, durante el tres mil antes de cristo, se empleó el yeso para sellar las juntas de los bloques de la gran pirámide de Giza, además se utilizó como revestimiento para múltiples tumbas. El palacio de Cnosos contiene revestimientos y suelos elaborados con yeso.

En el siglo XVIII el uso del yeso en construcción se generaliza en Europa. Lavoisier presenta el primer estudio científico del yeso en la Academia de Ciencias. Posteriormente Van t'Hoff y Le Chatelier aportaron estudios describiendo los procesos de deshidratación del yeso (Villanueva y García, 2001).

2.1.2 –Definición del yeso.

El yeso es un producto preparado básicamente a partir de una piedra natural denominada aljez, mediante deshidratación, al que puede añadirse en su fabricación determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente (Díaz y Guerra, 2009).

2.1.3 –Características del yeso.

El yeso tal como se muestra en la figura N°2.1 se obtiene a partir del mineral de sulfato de calcio dihidratado, el cual es muy abundante en la naturaleza, por lo que es un producto natural y ecológico, Respetuoso con el medio ambiente y sus residuos son biodegradables. Por sus propiedades higrométricas el yeso es el más eficaz y natural regulador de la humedad ambiental en los interiores de las edificaciones. Absorbe la humedad excesiva en el ambiente y la libera cuando hay sequedad.

La utilización de yeso en revestimientos interiores de las edificaciones puede aumentar en un 35% la capacidad de aislamiento térmico frente a construcciones no revestidas.

Debido a su elasticidad y estructura finamente porosa, ofrece una excelente capacidad de insonorización. Disminuye ecos y reverberaciones, mejorando las condiciones acústicas de las edificaciones. El yeso es completamente incombustible y resiste el fuego. Al exponerse al calor se produce una gradual liberación del agua de cristalización en forma de vapor que retrasa la elevación de la temperatura absorbiendo calor, sin emanar gases tóxicos. El yeso tiene una excelente plasticidad y moldeo. Posee infinidad de posibilidades en decoración. Es compatible con casi todos los elementos de decoración (Novo, 1970)



Figura N°2. 1: Yeso natural.

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

El yeso, como producto industrial, es sulfato de calcio hemihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), también llamado “yeso cocido”. Se comercializa molido, en forma de polvo. Una variedad de yeso, denominada alabastro, se utiliza profusamente, por su facilidad de tallado, para elaborar pequeñas vasijas, estatuillas y otros utensilios.

2.1.4 –Propiedades del Yeso.

- **Trabajabilidad:**

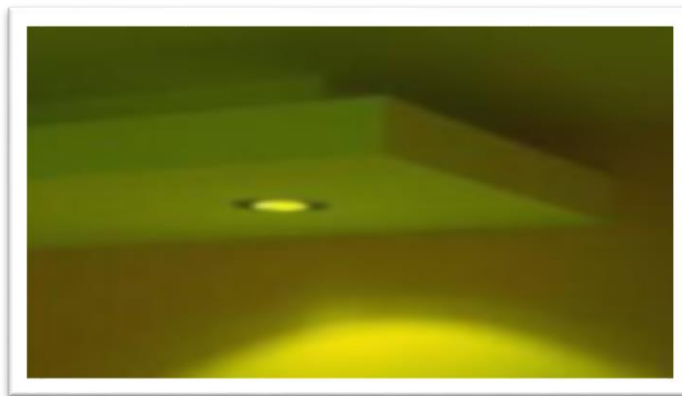
Es un material adecuado y de fácil manipulación para ser usado en múltiples derivados prefabricados y directamente en obra, como en el caso de la figura N°2.2. Su trabajabilidad depende de la moldeabilidad, la consistencia variable, el fraguado rápido regulable, la expansión de fraguado, la adherencia, las resistencias iniciales o la facilidad de trabajo sobre elementos ya fraguados (Garcia y July, 2011)



*Figura N°2. 2: Trabajabilidad del yeso.
Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.*

- **Habitabilidad:**

Elemento constructivo que colabora eficazmente en el acondicionamiento térmico, higrotermico, acústico y lumínico de los edificios, como se muestra la figura N° 3. (García y July, 2011).



*Figura N°2. 3: Habitabilidad del yeso.
Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.*

- **Durabilidad:**

De acuerdo a la figura N°2.4 las acciones que están sometidas en los revestimientos interiores, las podemos clasificar en mecánicas y debidas al agua.

En cuanto a las acciones mecánicas destacan las debidas a los impactos o choques. Por tanto una de las propiedades que más interesa conocer es la de su dureza superficial que por regla general y en condiciones normales de utilización es suficiente (García y July, 2011).

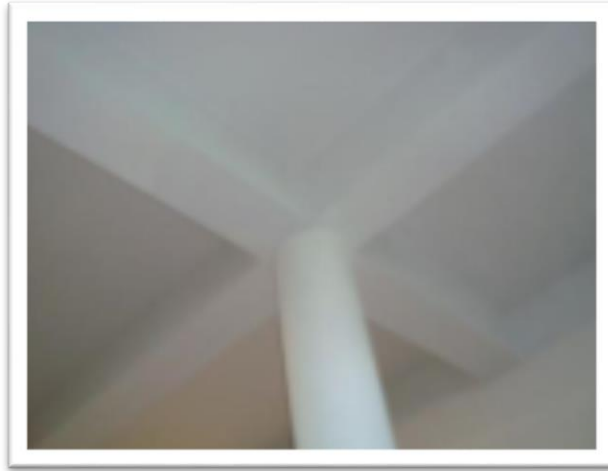


Figura N°2. 4: Durabilidad del yeso.
Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

- **Seguridad:**

La protección contra el fuego:

El yeso es un material incombustible. Además, tiene una baja conductividad térmica, lo que evita la propagación del calor producido en los incendios y contienen agua libre y agua química (de composición) que absorbe energía calorífica para evaporarla.

En su propia constitución contiene dos moléculas de agua por cada molécula de sulfato cálcico y absorbe calor para transformarse en dihidrato en anhidrita, lo que supone otras calorías invertidas en su composición y en la evaporación del agua combinada (García y July, 2011).

2.2 –Yeso cartón.

Las planchas de yeso cartón como material se componen a grandes rasgos de un núcleo de yeso y dos pieles delgadas de cartón adheridas a las caras y posterior del yeso (Villanueva et al., 1994).

La placa de yeso laminado nació aproximadamente a finales del año 1884, en Estados Unidos, como resultado de la investigación de Augustine Sackett y Fred L. Kane. El objetivo de Sackett y Kane era encontrar un material que fuera sencillo y protegiera el interior de estructuras de madera de la época (Powell, 2006).

En la actualidad estas son elaboradas con diferentes tipos de prestaciones, variando sus espesores y medidas.

Por la particularidad de nuestro territorio, en Chile existen variadas modalidades del producto. Como lo son (ST), (RH), (RF), (ER) y (ERH) (Noé, 2014).

- Tipo Estándar (ST).
- Resistente a la humedad (RH).
- Resistente al Fuego (RF).
- Extra-Resistente (ER).
- Extra-Resistente Hidro (ERH).

2.2.1 –Aplicación de las planchas de yeso cartón.

Este elemento es ideal para ser utilizado en revestimientos interiores, tabiques. Variando su aplicación en la estructura que se encuentre.

Puede ser parte integrante de tabiques que cumplen con necesidades de aislamiento acústico. Su gran versatilidad de una total libertad a la hora de diseñar ambientes posee una conductividad térmica $0,26 \text{ W/m}^{\circ}\text{k}$.

Existen variadas marcas que dependiendo de sus requerimientos, integran diversos compuestos derivando características propias de cada elemento.

2.2.2 –Requerimientos NCh 146/1 Of 2000.

❖ Resistencia a la flexión.

Este requisito corresponde para placas de $300 \times 400 \times 15 \text{ mm}$, específicamente para el ensayo de resistencia a la flexión, representada a través de los valores de la tabla N°1.

Los valores individuales inferiores al requisito no deben superar al 10% del total de la cantidad de probetas ensayadas.

Tabla N°2. 1: Resistencia a la Flexión.

Carga N				
Espesor, mm			Apoyo de probeta respecto a borde longitudinal	
			Paralela Cara y dorso	Perpendicular Cara y dorso
	8		110	280
	10		140	370
	12,5		180	500
	15		220	650
	25		380	900

Fuente: NCh 146/1 Of 2000.

❖ Resistencia al impacto.

Determinar la resistencia al impacto de acuerdo a 4.4 de NCh 146/1 con una bola de acero, de dimensiones normalizada, la cual no debe dejar huella de diámetro superior a **20mm** en las placas ensayadas.

2.2.3 –Ventajas de las placas yeso cartón.

- Buena Reflexión del sonido.
- Excelente resistencia al fuego.
- Buena adhesión a las fibras y otros materiales porosos.
- Bajo consumo energético en su fabricación con relación al cemento.

Estas ventajas fueron descritas por Pacheco (2004) en su tesis de investigación “Tipos De Caracterización y Forma De Uso De Materiales De Terminación Para Muros Interiores”.

2.2.4 –Investigaciones realizadas.

Las fuentes consultadas y analizadas se encuentran una serie de estudios dirigidos a modificar las características físicas y mecánicas del yeso. Cada investigación cuenta con su respectiva referencia bibliográfica.

2.2.4.1 –Yeso con fibra de celulosa.

El panel de fibra- yeso INTERGYPSUM es un producto creado por la empresa INTERGYPSUM, S.A. Tras realizar una mezcla homogénea de yeso y fibra celulósica procedente de papel reciclado, que se mezcla con agua para el fraguado del yeso, sin añadirle colas ni otros productos aglutinantes, aparte de una ligera impregnación superficial que le permite ser pintado, empapelado inmediatamente después de su puesta en obra. El yeso envuelve a la fibra. La fibra arma al yeso, mejorando sustancialmente sus propiedades mecánicas.

Por otra parte, Álvaro Jarabo, consejero delegado de Intergypsum, afirma que la densidad es un 50% superior, con lo cual el peso es también un 50% mayor, lo que confiere unas magníficas propiedades mecánicas de resistencia a golpes y cargas colgantes.

2.2.4.2 –Utilización de la cáscara de nuez Chandler en el yeso.

El propósito principal de la investigación realizada por Marlenin (2011) es estudiar la posibilidad de la incorporación de la cáscara de nuez Chandler como una variante a la materia prima existente, con el objetivo de aprovechar el residuo proveniente del mercado de la nuez. La cáscara de éste fruto, cuando se desarrolla forma tres capas epicarpio, mesocarpo y endocarpo y que cuando es sometida al proceso de pelado se desecha el endocarpo (cáscara) que es de textura dura y arrugada.

España es uno de los mayores consumidores mundiales de nuez, donde el 80% de este grano corresponde a las nueces californianas. Anualmente se importan alrededor de 16000 mil toneladas de nueces de las cuales 11 mil toneladas llegan al país en cáscaras. Es que en este contexto se desarrolló este análisis, en el aprovechamiento de este residuo que se genera en grandes cantidades, producto de la cantidad de toneladas que importa España.

2.2.4.3 –Mezclas de residuos de polietileno expandido (EPS) conglomerado con yeso para su uso en la construcción.

Este trabajo estudia una manera de reciclaje de residuos de EPS que permite aprovechar las propiedades que muestra este plástico al momento de ser enviado al flujo de los residuos, la forma de reciclaje consiste en la formación de mezclas de residuos acondicionados de EPS y un conglomerante hidráulico de yeso. Aquí se ha ensayado con una serie de muestras que van desde aquéllas que contienen proporciones extremas de residuos de EPS hasta otras donde la proporción de agua presente para la preparación de las mezclas es inusualmente rica, también se han ensayado mezclas compuestas por proporciones intermedias de sus ingredientes. De entre las mezclas con los mejores comportamientos se han aplicado sus fórmulas en la fabricación de muestras de placas y paneles similares a los usados en la construcción, las muestras se han caracterizado según las normas correspondientes lo que permite señalar que con los nuevos materiales se pueden fabricar placas y paneles para la construcción con algunas ventajas en relación a las existentes (González, 2008).

2.3 – La Almendra.

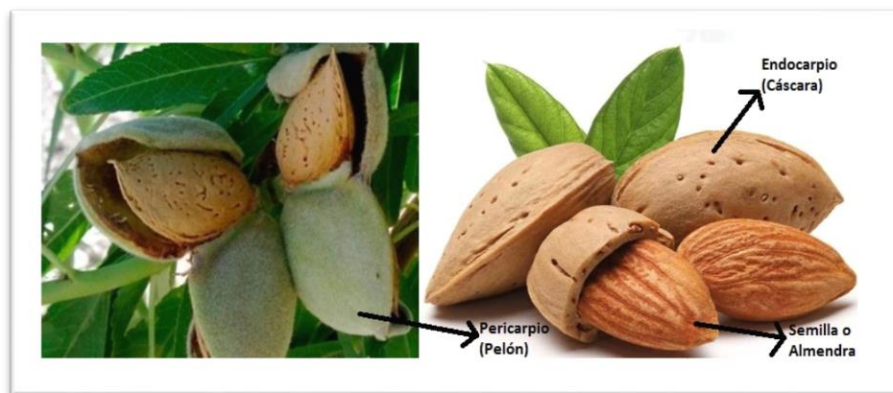
La almendra es el fruto del almendro figura N°2.5. El origen del almendro se sitúa en Asia central y en algunas zonas de Asia occidental, siendo el área en la que existe mayor número y tipo de especies salvajes. La expansión del almendro en el mundo comienza en épocas remotas, sin embargo, la producción del cultivo en América es reciente, puesto que a mediados del siglo XIX fueron introducidas las primeras semillas a México por parte de los Españoles y los primeros almendros fueron cultivados específicamente en California, Estados Unidos, lugar donde el cultivo se asentó fácilmente y actualmente sitúa a U.S.A como el primer país productor a nivel mundial (Montero, 1993).



*Figura N°2. 5: Almendros Fundo Don José Luis.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

2.3.1 – Característica de la Almendra.

La almendra como describe en la figura N°2.6 es un fruto de 3-6 centímetros de longitud en drupa o fruto, con exocarpo y mesocarpo correoso, posee el endocarpo duro con finas punteaduras, elipsoide, dehiscente y a veces pueden existir dos hermanadas en cada almendra, las semillas están cubiertas por una piel marrón y fibrosa.



*Figura N°2. 6: Descripción física de la almendra.
Fuente: Gastrosoler, 2013.*

El fruto es una drupa ovalada y comprimida que tiene la particularidad de que su mesocarpio carnoso se va resecando, convirtiéndose en correoso, hasta que finalmente se abre y deja en libertad el hueso con la semilla dentro; es decir, la almendra (López, 2007).

2.3.2 –Producción de la almendra.

En el año 2013, la producción mundial de la almendra con cáscara fue de 2.917.894 toneladas y como se mencionó antes, U.S.A es el pionero con una producción que representa más del 60%, le siguen los países de Australia, España, Marruecos e Irán (FAO, 2013).

La superficie plantada en Chile como se encuentra representada en la figura N°2.7 se encuentra en torno a las 8.087 ha. Esta especie presenta un gran interés de parte los productores por la demanda que han tenido en los mercados internacionales, lo que queda demostrado por la fuerte expansión en la superficie observada durante la última década y el incremento en las exportaciones. Entre el periodo 2005 a 2015 la superficie de almendros crecieron un 38%, 2.400 ha. Las exportaciones en tanto aumentaron un 7,5% en almendras en pepas. El incremento en la superficie, sumado a la restitución de huertos antiguos, con incorporación tecnológica y mejora de manejos agronómicos, han derivado un fuerte incremento en la producción, así en el año 2015 se produjeron cerca de 13772 toneladas de almendras en pepa y todo indica que esto seguirá al alza (IQonsulting, 2016).

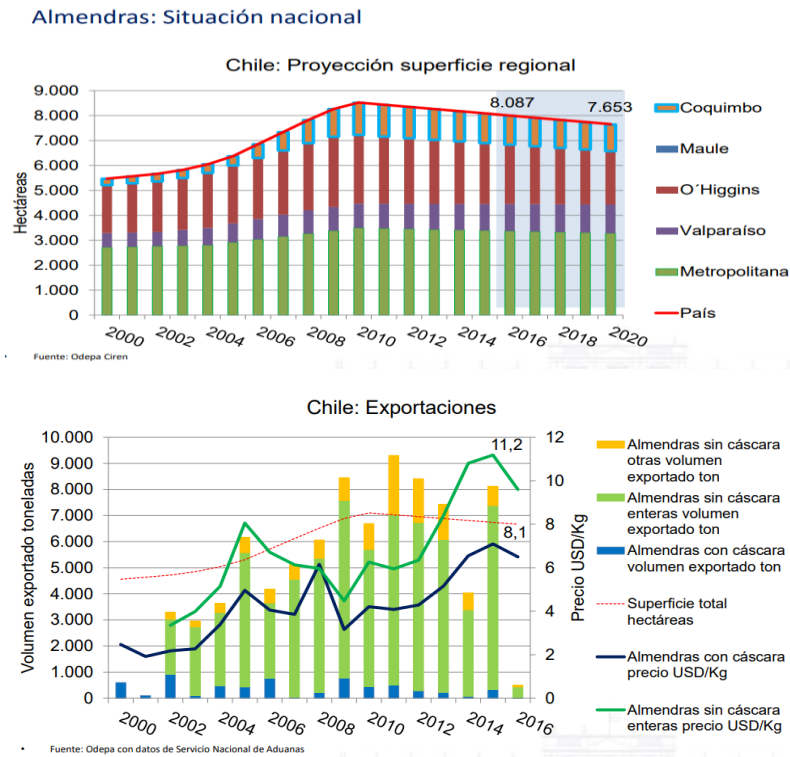


Figura N°2. 7: Mercado de la almendra.
Fuente: Odepa, 2016.

2.3.3 – Proceso de la almendra.

Este se elaboró por medio de la recopilación de datos, obtenidos en el fundo de Don José Luis ubicado en la Comuna de Codegua, Sexta Región, en base a una entrevista y visita a terreno realizada el 02 de abril de 2018. Esta se realizó al administrador General Don Luis Parrado y jefe de huerto Marcelo Quiroz en diferentes áreas de la empresa. Cuyo fin es proporcionar la información sobre la obtención de la cáscara de almendra triturada.

2.3.3.1 –Variedades.

El fundo Don José Luis ofrece una amplia gama de variedades en su producción con las cuales se podrían realizar investigaciones similares, variando su densidad y porosidad. La cáscara ocupada en esta investigación es de la variedad Non Pareil, siendo la más predominante en esta en la empresa. Variedades existentes:

- Non Pareil.
- Carmel.
- Merced.
- YXL.
- Texa.

2.3.3.2 –Pre Cleaner.

En la Figura N°2.8 podemos describir la maquinaria que produce la separación de la drupa o fruto. Derivando al pericarpio (pelón), endocarpio (cáscara) y semilla o almendra. Se producen grandes cantidades de cáscaras en un determinado sector, aislado de la etapa de producción. El destino de este material es variable en esta empresa, puede ser destinado a la alimentación de animales como bien puede ser ocupado como mata polvo en el mismo predio.



*Figura N°2. 8: Residuo de la producción de almendra y maquina pre-cleaner.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

2.3.4 –Características de la cáscara de almendra.

La cáscara de almendra es un residuo orgánico de la industria de los frutos secos. Que habitualmente se destina en alimentos para animales o bien pellet para calderas. Es por ello que las características señaladas están alineadas con los usos señalados anteriormente.

- ❖ La cáscara de almendra es un producto procedente del descascado de almendra.
- ❖ Recomendado para uso industrial y doméstico.
- ❖ Poder calorífico 4700 Kcal/kg.
- ❖ Índice de humedad no superior al 12%.
- ❖ Residuo en cenizas entre 1.22 y 1.5%.

2.3.5 –Investigación de la cáscara de almendra.

2.3.5.1 –Composite de cáscara de almendra “Duralmond”.

Esta investigación fue realizada por la empresa Duralmond que se basó en mezclar resinas sintéticas y naturales, cáscara de almendra triturada y otros aditivos. La cáscara de almendra al poseer lignina y celulosa, componente básico de la madera, provoca un comportamiento similar a la madera.

Entonces podemos decir que Duralmond es un material composite que se obtiene al mezclar resinas sintéticas y naturales, cáscara de almendra triturada y otros aditivos. Además, establece un planteamiento decorativo novedoso y original que permite utilizar volúmenes, formas y texturas en paredes y techo, zonas hasta ahora casi siempre limitas a superficies planas y frías. Que gracias a su sistema de fabricación, convierten un residuo vegetal como la cáscara de almendra, en una serie de objetos biodegradables y reciclables, que al ser fabricados por técnicas de moldeo, puedes adquirir formas, mimetizar textura.

2.3.5.2 – Aprovechamiento de residuos orgánicos (cáscara de almendra) para sustitución de árido grueso en la elaboración de hormigón convencional

En la investigación realizada por Bustos (2016), busca conocer el posible aprovechamiento de residuos orgánicos, como es la cáscara de almendra, como sustitución de una parte de la fracción granulométrica del árido grueso para la fabricación de hormigones convencionales. Para ello, primero, caracterizamos los materiales, árido y cáscara de almendra. Posteriormente, fabricamos las probetas de hormigón con distintas sustituciones (10%, 20% y 30%) de cáscara de almendra sobre la fracción gruesa del árido y procedemos a la realización de los ensayos marcados por las normas UNE, evaluando su comportamiento a compresión, tracción, flexión, penetración de agua, absorción de agua, hielo y deshielo y térmico.

2.4 –Conceptos relacionados con la aislación acústica.

El sonido implica un fenómeno vinculado a la difusión de una onda de características elásticas que produce una vibración en un cuerpo, aun cuando estas ondas no se escuchan. El sonido audible para los seres humanos está formado por las variaciones que se producen en la presión del aire, que el oído convierte en ondas mecánicas para que el cerebro pueda percibirlas y procesarlas.

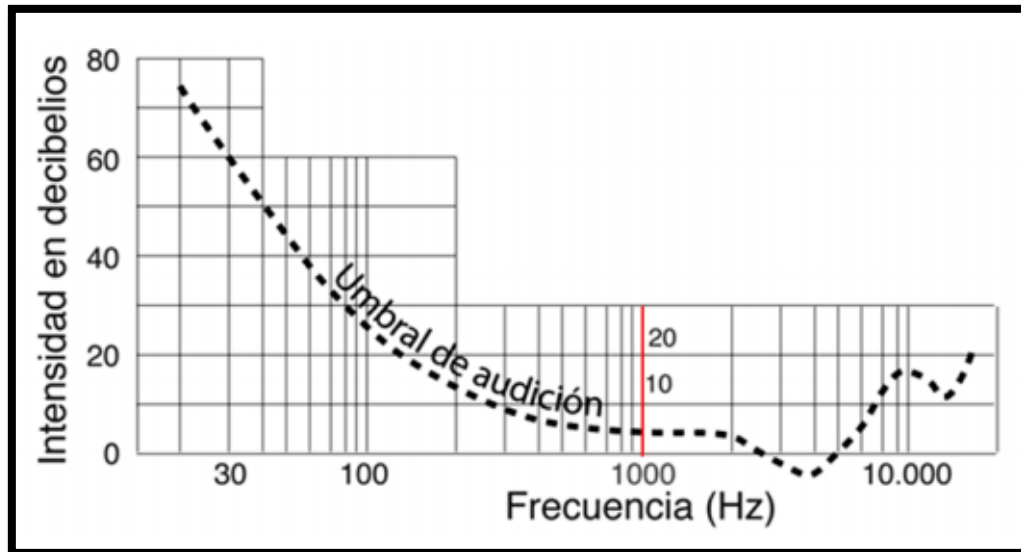
a) Niveles audibles

Debido a que el rango audible de frecuencia para el oído humano es muy amplio se subdivide en tres zonas, así cuando la frecuencia de un sonido es baja (inferior a 400 Hz) percibimos un tono grave, si se encuentra entre 400 Hz y 1.600 Hz es un sonido de tono medio, y si es superior a 1.600 Hz percibimos un tono agudo (Thollander, 2015).

b) Umbral de audición

Como se muestra en el gráfico N°2.1 la curva del umbral de audición medido, muestra que la intensidad requerida del sonido para ser oído, es completamente diferente para distintas frecuencias. Las curvas reales muestran que el umbral medido a 1000 Hz es a unos 4 dB. Hay una marcada discriminación contra las bajas frecuencias, de modo que para oírse un sonido de 30 Hz, se necesitan unos 60 dB. La máxima sensibilidad del oído es a unos 3500 a 4000 Hz, se relaciona con la resonancia del canal auditivo.

Gráfico N°2. 1: Umbral de audición



Fuente: Hyper Physics, 2017.

C) Presión acústica.

El campo audible de decibeles para una persona va de 0 a 120 dB. El nivel 0 es el mínimo nivel de presión acústica que el oído humano percibe. Se considera que un nivel de 120 dB produce daños irreversibles en el sistema auditivo. Dentro del campo de la audibilidad, los niveles de ruido se clasifican en la tabla N°2.2

Tabla N°2. 2: Clasificación de niveles de ruido.

Muy bajo	10 - 30 dB
Bajo	30 - 55 dB
Ruidoso	55 - 75 dB
Ruido fuerte	75 - 100 dB
Ruido insoportable	> 100 dB
El umbral de dolor	< 140 dB

Fuente: Thollander, 2015.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA EXPERIENCIA.

3.1 –Diseño General De La Experiencia.

En esta experiencia cabe señalar que la totalidad de las planchas de yeso cartón con y sin cáscara de almendra triturada (CA) fueron de fabricación propia, en el caso de la muestra patrón sin cáscara de almendra, con la finalidad de validar el sistema de fabricación artesanal que intenta emular al de tipo industrial.

El diseño de la plancha de 15 milímetros de espesor fue fabricado mediante yeso espuma Romeral. Este producto de origen mineral se obtiene de las minas de Romeral Ubicadas en el sector del Valle del Yeso (Cajón del Maipo). Agregando como sustituto del yeso en la confección de la plancha de yeso cartón esta la cáscara de almendra triturada. Esta se agrega en diferentes porcentajes (sustitución volumétrica) analizadas en otras investigaciones como por ejemplo “Utilización de la cáscara de nuez Chandler en el yeso” realizada por Marlenin, 2011. Para obtener valores más comparativos. Generando un nuevo material cuyas propiedades, permitan alcanzar un producto sustituto tradicional de la construcción. Esto se realizará en base a una muestra patrón, placa yeso - cartón, conformada con el mismo tipo yeso y cartón. Así comparar el desempeño respecto a un elemento tradicional. El método de comparación se establecerá por medios de ensayos establecidos en Chile.

3.2 –Variables de la investigación.

Se clasifican en variables independientes y dependientes, con el fin de describir y comprender cuales y quienes aportan las mejoras características al material.

3.2.1 –Variables independientes.

Esta variable se manipula, ya que adquiere valor cuando se relaciona con las otras variantes. Entonces se considera como variable independiente al agregado de cascara de almendra triturada en la mezcla en reemplazo del yeso. Este reemplazo será de 10%, 20% y 30% del volumen de cada placa.

3.2.2 –Variable dependiente.

Relacionado con la variable independiente agregado de cascara de almendra triturada. Se modificarán las variables que se desean medir a través de los ensayos físicos mecánicos y termo acústicos, establecidos por la norma NCh 146/2 Of. 2000.

Variable 1: Resistencia a la flexión, de acuerdo a la norma NCh 146/2 Of. 2000.
 Variable 2: Resistencia a la humedad, de acuerdo a la norma NCh 146/2 Of. 2000.
 Variable 3: Resistencia al impacto, de acuerdo a la norma NCh 146/2 Of. 2000.
 Variable 4: Ensayo térmico y acústico, de acuerdo al procedimiento realizado por López, (2013) en el cual se sometía las placas de yeso cartón a una diferencia de temperatura en una cámara de madera, para asegurar la aislación térmica, así medir temperatura en ambos lados de cada placa como la temperatura ambiente. Del mismo modo se efectúa el procedimiento para evaluar acústicamente las placas. Es por ello que estos ensayos se realizaran en la cámara acústica y térmica ubicada en la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

3.3 –Elaboración de las probetas.

Los ensayos de las placas sometidas a investigación se realizarán de acuerdo a la norma chilena vigente.

Las placas se desarrollarán bajo el procedimiento descrito en la investigación y se elaborarán en los laboratorios de docencia e investigación de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

Una vez fijados los moldes y definidas las dosificaciones de cada material para las diferentes placas, se inicia el pesaje de los componentes, para luego mezclarlos. Además, se agrega el desmoldante para que la placa salga fácilmente del molde.

Ya en el proceso de amasado por recomendación del fabricante se agrega agua al recipiente donde se realizará la mezcla, luego se depositará el yeso, espolvoreando paulatinamente y suavemente en el agua, ya depositado la cantidad de yeso señalada se deja en reposo por 3 minutos. Transcurrido los 3 minutos, se comienza a revolver por lo menos 1 minuto y 30 segundos.

Ya terminado el amasado se deposita la mezcla en el molde, preocupándose que se distribuya con homogeneidad. Una vez depositado el contenido se procede a enrasar con una regleta.

El fraguado del yeso, es aproximadamente 10 minutos, en condiciones térmicas normales del laboratorio. Estas planchas se desmoldan con el fin de guardar estas en la cámara de guarda por un periodo de 10 a 15 días aproximadamente.

Ya fraguada las placas, se procederá a lijar y limpiar estas, con el fin de aplicar pegamento y pegar el cartón de gramaje 250 g/m² en cada una de sus caras, simulando una placa de yeso cartón.

3.4 –Materiales y métodos.

3.4.1 –Cáscara de almendra.

La cáscara pertenece a la variedad Nonpareil de cáscara blanda proveniente de la especie *Prunus dulcis*, es un árbol caducifolio de la familia botánica de las rosaceae. Se aplicará en una mezcla en diferentes porcentajes como sustituto volumétrico de la plancha, descrita en la tabla de dosificaciones. Logrando una mezcla homogénea con el amasado del yeso. Cuyo objetivo es desarrollar una plancha de yeso cartón, la cual puede ser utilizada como revestimiento interior. De esta manera mejorar las propiedades termo acústicas de un lugar, ya que según investigaciones descritas en el punto 2.4.6 al poseer lignina, tiene un comportamiento similar al de la madera y al ser un material poroso este absorbe las frecuencias, transformándolas en energía.

3.4.2 –Yeso.

Como antecedente el yeso en su forma natural se encuentra como sulfato de calcio dihidratado por lo que debe ser molido y calcinado para transformarlo en Sulfato de Calcio hemihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). Cumpliendo con la norma NCh 1099 of 1999, Yeso calcinado Requisitos. Este se adquiere en el mercado listo para trabajar en su forma hemidratado.

De este modo tenemos un material adecuado para confeccionar las planchas de yeso cartón, que nos permite obtener un producto alineado con los estándares del mercado. Entonces se utilizara Yeso Espuma Romeral, figura N°3.1 en un formato comercial de 25 kilogramos. Esta marca fue utilizada en investigaciones anteriores en la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Además, la investigación se integra a los procesos y requerimientos de la sostenibilidad, por lo tanto, sus materiales cumplen con sus requisitos y certificaciones, como en este caso certificación LEED, para algunos de sus productos, como además de integrar dos normas: ISO 14.001:2004 y OHSAS 18001: 2007 para permitir identificar, prevenir, controlar y/o eliminar los impactos ambientales y los peligros presentes en los lugares de trabajo que pudiesen convertirse en accidentes.



Figura N°3. 1: Yeso espuma romeral.

Fuente: Sodimac Constructor, 2018

3.4.3 –Cartón.

Para las planchas se utilizará un cartón forrado de gramaje 250 g/m², figura N°3.2. La aplicación del cartón será de una capa por cada cara de una plancha.



Figura N°3. 2: Cartón Gramaje 250 g/m².

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.4.4 –Adhesivo.

Se utilizará un adhesivo especial para **papeles pesados** Metylan especial, figura N°3.3, distribuida por grandes tiendas para el uso en construcción, cuya mezcla es adoptada para diferentes tipos de trabajo. La preparación del adhesivo en esta investigación corresponde a la descrita en la siguiente tabla (Papeles pesados) con el fin de obtener la mejor adherencia del papel con cada placa.



*Figura N°3. 3: Pegamento Papel mural 200 g.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

Tabla N°3. 1: Preparación del adhesivo.

Para	200 gramos en:	Rendimiento
Preparación de paredes	8 litros agua fría	Aproximadamente 60-80 m2
Papeles pesados y con recubrimiento especial	4 litros agua fría	Aproximadamente 20-25 m2
Papeles vinílicos y papel aluminio	3,5 litros agua fría	Aproximadamente 12-15 m2

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La mezcla consiste en verter el contenido (polvo) 200 gramos en agua fría, agitando al mismo tiempo. Esperar 3 minutos, agitar nuevamente y dejar reposar 20 minutos más, agitar bien y la mezcla esta lista para usar. No se utilizará en temperaturas menores a 10°C.

3.4.5 – Agua.

El agua cumple una doble función en el Yeso, por un lado, participa en la reacción de hidratación del yeso, y por otro confiere a la mezcla el grado de trabajabilidad necesaria para una correcta utilización. Esta debe estar libre de suciedad, permitiendo una mezcla homogénea del yeso. Estas variaran con cada dosificación y contenido descritos en la sección dosificaciones. Se utilizará agua potable, cumpliendo con las especificaciones de la norma NCh 1498. Of 1993.

3.4.6 – Moldes metálicos

Elaborados con perfiles metálicos de 15 milímetros no biselado. Cuya dimensión será de acuerdo a la norma NCh 146/1. Of 2000. Descritos en el punto 3.4.1.

3.4.7 –Bases de vidrio.

Se utiliza como plataforma de apoyo para los moldes ya que este no necesita desmoldantes por ser una superficie lisa libre de poros. Estas se fijarán por medio de prensas sobre las esquinas del molde.

3.4.8 –Maquina para realizar ensayo de flexión.

La máquina a utilizar en este ensayo es de elaboración propia, figura N°3.4. Respetando las especificaciones contenidas en la norma NCh 146/2 of 2000. Esta máquina fue revisada por el profesor Andrés Jamet Aguilar, con el fin de aseverar el cumplimiento de las especificaciones exigidas por la norma.



*Figura N°3. 4: Máquina Ensayo Resistencia a la flexión.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

3.4.9 – Otros Elementos.

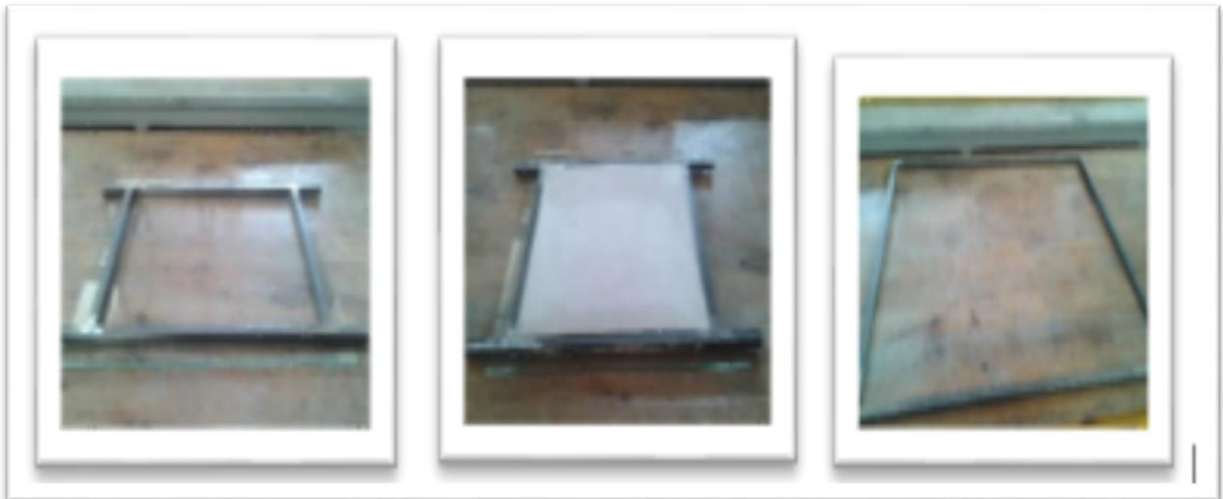
Durante el desarrollo de la experiencia, se utilizan diferentes utensilios que permitirán un desarrollo eficiente de la investigación. Pesos, recipientes, poruña, bola de acero, pie de metro, guincha entre otros.

3.5 –Diseño del experimento

3.5.1 –Diseño del molde.

Para determinar las propiedades de las placas de yeso cartón. Estas se ensayarán de acuerdo a la norma NCh 146/2 Of 2000. Con el fin de describir la factibilidad técnica de cada placa.

El diseño del molde está elaborado con perfiles tubulares cuadrados de 15 milímetros según lo especificado en norma NCh 146/1 Of 2000, con una base de vidrio de 3 milímetros, facilitando así el retiro de las placas. Estas se fijarán por medio de prensas ubicadas en los extremos de cada molde, figura N°3.5.



*Figura N°3. 5: Moldes para probetas.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

3.5.2 –Combinaciones de agregado, ensayos y codificación de las probetas.

Tabla N°3. 2: Ensayos, códigos, línea de producción y número de probetas.

Tipo de Ensayo NCh 146/2 Of 2000	Muestra Patrón	10% CA	20% CA	30% CA	Total Placas	Tipo (mm)
Ensayo de impacto	3 IMP	3 I10	3 I20	3 I30	12	300x300x 15
Ensayo humedad	3 HMP	3 H10	3 H20	3 H30	12	300x300x 15
Ensayo de flexión	3 FMP	3 F10	3 F20	3 F30	12	400x300x 15
Ensayo térmico	3 TMP	3 T10	3 T20	3 T30	12	600x650x 15
Ensayo acústico	3 AMP	3 A10	3 A20	3 A30	12	600x650x 15

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Entonces a modo de explicar las dimensiones de cada molde de una forma más clara, se vincularán con su respectivo ensayo. Por lo tanto, para el ensayo flexión se utilizará moldes de 400 x 300 mm $\pm$ 5 mm como señala la norma 146/1 Of. 2000.

Para los ensayos de humedad e impacto, se utilizarán moldes de 300 x 300 mm $\pm$ 5 mm según la norma 146/1 Of. 2000.

Finalmente para los ensayos acústicos y térmicos, se dimensionarán de acuerdo a la cámara acústica- térmica de la Escuela, cuyas medidas son 600 x 650 mm.

La línea producción se realiza con el fin de ordenar la elaboración de cada plancha, figura N°3.3, de este modo desarrollar un mejor control de cada plancha. A modo de ejemplo se expresa la realización de una plancha de una muestra patrón para el ensayo de impacto: IMP

3.5.3 –Dosificación de las probetas.

Para el diseño de la placa de yeso cartón junto con el agregado de cáscara de almendra triturada, se toma como referencia la información de la norma Europea UNE 102-023 señalada por Noé (2014). Establece un peso específico de 800 (kg/m³) para planchas o paneles de yeso cartón, y se disminuye en porcentajes de 10%, 20% y 30% la cantidad de volumen de amasado de yeso contenido para cada probeta, cambiándolo por agregado de cáscara de almendra triturada cuya densidad real es de 661 kg/m³. Así de esta forma conseguir las distintas combinaciones.

Se presentan las dosificaciones correspondientes al yeso y al agregado triturado de cáscara de almendra (figuras: N°3.4, N°3.5 y N°3.6), para conformar así, las placas de dimensiones de 300x300 mm, 300x400 mm y 600x650 mm. En cuanto a la relación agua/yeso se trabajará en con valor 0,64. Este valor es similar a otras investigaciones realizadas por alumnos de la Escuela de Construcción Civil, como además en la investigación realizada por Marlenin Marte Cortina en el 2011 “Utilización de la cáscara de nuez Chandler en el yeso”.

Tabla N°3. 3: Dosificaciones para probetas de 300x300x15 mm.

Dosificación	0%	10%	20%	30%	Unidad
Yeso	1985,29	1786,76	1588,23	1389,71	g
Cáscara	0,00	89,23	178,47	267,70	g
Agua	1,27	1,14	1,02	0,89	L

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla N°3. 4: Dosificación para probetas de 400x300x15mm.

Dosificación	0%	10%	20%	30%	Unidad
Yeso	2647,06	2382,35	2117,65	1852,94	g
Cáscara	0,00	118,98	237,96	356,94	g
Agua	1,69	1,52	1,36	1,19	L

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla N°3. 5: Dosificación para probetas de 650x600x15mm

Dosificación	0%	10%	20%	30%	Unidad
Yeso	8602,94	7742,65	6882,35	6022,06	g
Cáscara	0,00	386,68	773,37	1160,05	g
Agua	5,51	4,96	4,40	3,85	L

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.6 Ensayos.

3.6.1 Calculo de Densidades.

Se obtendrá la densidad del material que se adicionará a la placa de yeso cartón con el fin de sustituir de una forma adecuada al yeso, basado en el principio de Arquímedes, el cual consiste en medir el volumen de agua desplazado por un objeto.

❖ Densidad de la cáscara de almendra.

En este caso la cáscara al ser menos densa que el agua tienda a flotar, por lo que se realiza con vaselina liquida correspondiendo a una densidad menor al agua.

Se debe contar con una probeta graduada con vaselina, además la masa de la probeta, luego se obtiene su volumen y se calcula su densidad, posteriormente se introduce la porción del material pesado en la probeta con vaselina, generando de esta forma un desplazamiento del volumen de esta. Por lo tanto, el diferencial entre el volumen inicial y final de la vaselina, sería el volumen de la muestra.

Una forma de ratificar el valor del ensayo anterior se calcula la densidad real superficialmente seca de la cáscara de almendra a través de la siguiente expresión:

$$\rho_{R \text{ sss cáscara Almendra}} = \left(\frac{m_{\text{sss}}}{(M_v - m_{\text{sss}} - M_m)} \right) \times \rho_v$$

Fuente: NCh1117 Of 2010.

Entonces la caracterización de la cáscara de almendra triturada se adecua a la norma Chilena ya que este material no se encuentra normado para este tipo de ensayos. Así de esta manera, lograr obtener datos referentes a la tabla N°3.6:

Tabla N°3. 6: Normas utilizadas en la caracterización de la cáscara de almendra.

Densidad aparente compactada y densidad aparente suelta
NCh 1116 Of 2008 “Áridos para morteros y hormigones- Determinación de la densidad aparente”.
Tamizado y determinación de la granulometría
NCh 165 Of 2009 “Áridos para morteros y hormigones –Tamizado y determinación de la granulometría”.
Capacidad de absorción de agua
NCh 1239 Of 77“Áridos para morteros y hormigones – Determinación de las densidades real y neta y de la absorción de agua de las arenas.

3.6.2 –Ensayo de resistencia a la flexión. (NCh 146/2. Of 2000)

❖ Descripción del ensayo para placas 300x400x15 mm

Ya elaboradas las placas estas se deben acondicionar a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $65\% \pm 10\%$, durante 12 horas y determinar su masa en una balanza con resolución de 1 gramo. Mantenerlas en estas condiciones, determinando su masa cada 4 horas, hasta que entre dos medidas sucesivas se obtenga una diferencia menor o igual a 0,1 %.

❖ Descripción del equipo.

Se utiliza una máquina de elaboración propia, figura N°3.6 descrita en la norma NCh 146/2, esta efectúa compresión en intervalos de 100 (N) y 1000 (N).

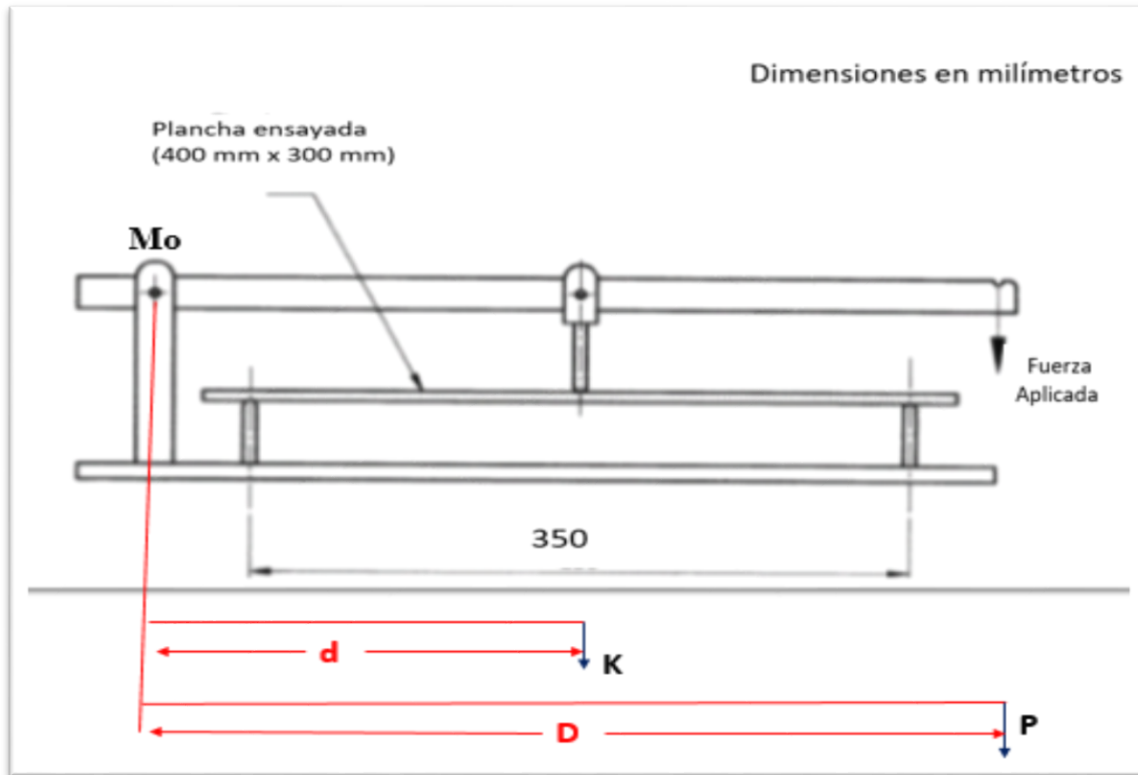


Figura N°3. 6: Especificaciones, máquina ensayo resistencia a la flexión.
Fuente: Norma NCh 146/2 Of 2000.

❖ Procedimiento y esquema de cálculo.

Se coloca la placa en forma centrada, sobre los dos apoyos fijos y paralelos, distanciados $350 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ entre sus ejes y aplicar carga, mediante un bloque similar a los apoyos, centrada entre los bloques de apoyo.

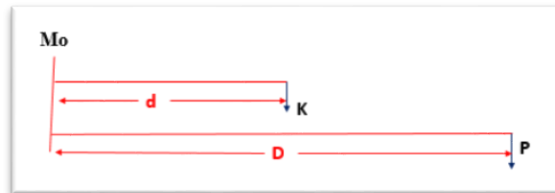
Ambos apoyos y la superficie de la carga deben estar a nivel, tener un largo similar al ancho de la muestra y estar redondeados con un radio de 3 mm. Posteriormente se aplica una carga con un incremento uniforme de $250 \text{ N/min} \pm 20\%$ hasta que se produzca la rotura, registrando la carga realizada.

Además, la máquina utilizada, figura N°3.7 fue diseñada según la norma. Esta asemeja un voladizo, para la cual se realizó un cálculo para establecer la carga aplicada a la plancha.



Figura N°3. 7: Máquina Resistencia a la flexión, esquema.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

❖ Cálculo se efectuó con la fórmula de momento respecto a Mo.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Momento respecto Punto Mo=A:

$$A=M_o=0$$

$$M_o= K * d - P * D$$

$$K= (P * D) / d$$

datos:

P= Carga en voladizo, provocada por el incremento constante de baldes de arena. [kg]

D= 93 (cm)

d= 48 (cm)

Se considera **K** como **carga de rotura [kg]** aplicada en el centro de la probeta y la carga P fue la aplicada en el voladizo.

Reemplazando la formula nos queda que: **$K= 1,9375 * P$ [kg]**

3.6.3 – Ensayo Resistencia al impacto. (NCh 146/2. Of 2000)

❖ Descripción del ensayo Para placas de 300x300x15 mm.

Realizar este ensayo con una bola de acero normaliza de 50 mm $\pm$ 1mm de diámetros y 530 g $\pm$ 20 g de su masa, sobre una probeta de cada plancha de la muestra, de 300 mm $\pm$ 5mm x 300 mm $\pm$ 5mm, previamente acondicionada. Como se describe en el punto 3.5.2.

❖ Procedimiento.

Se ubicará la placa sobre una superficie lisa, a nivel y firme, en paralelo se marcarán los centros de las probetas para ajustar el golpe en el centro. Posteriormente se deja caer la bola desde la altura indicada, y se comienza a obtener los resultados para su promedio.

3.6.4 –Ensayo de Resistencia a la humedad. (NCh 146/2. Of 2000)

❖ Inmersión en agua.

Preparar una placa de 300 mm $\pm$ 1mm x 300 mm $\pm$ 1mm, Se pesan las placas en una balanza con resolución de 0,1 g (**m₀**).

Sumergir en forma horizontal las placas en un baño de agua, a temperatura de 21° C $\pm$ 0,5 C, manteniendo una altura de 25 mm $\pm$ 1mm de agua sobre la superficie superior de la placa. Colocar realces en el fondo del contenedor, de modo que la superficie inferior de la placa permanezca en contacto con el agua.

Mantener dos horas sumergidas las placas, retirarlas, eliminar el exceso de agua superficial con papel secante y pesar inmediatamente, en balanza con resolución 0,1 g, (**m₁**), el aumento de masa de la placa corresponde al agua absorbida. Se debe Registrar el peso de la masa seca y posteriormente el peso de la masa húmeda, así como lo describe la fórmula de la figura N°3.8:

$$\% \text{ agua absorbida} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

Figura N°3. 8: Formula % absorción de agua.

Fuente: Norma NCh 146/2 Of 2000.

m₁: Representa a la masa húmeda.

m₀: Representa a la masa inicial seca.

3.6.5 –Ensayo térmico. (NCh 2251 Of 1994 y NCh 853 Of 1991)

Normas referidas al aislamiento térmico:

❖ Descripción del ensayo térmico.

Se realiza en la cámara ubicada en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

Para la realización del ensayo se utilizará un programa PASCO XPLOER GLX PS2002, este se conectará al instrumento Passport térmico que permite la conexión de hasta 4 sensores de temperatura T1, T2, T3 y T4 (figura N°3.9). Estos sensores tomarán datos cada 5 minutos.

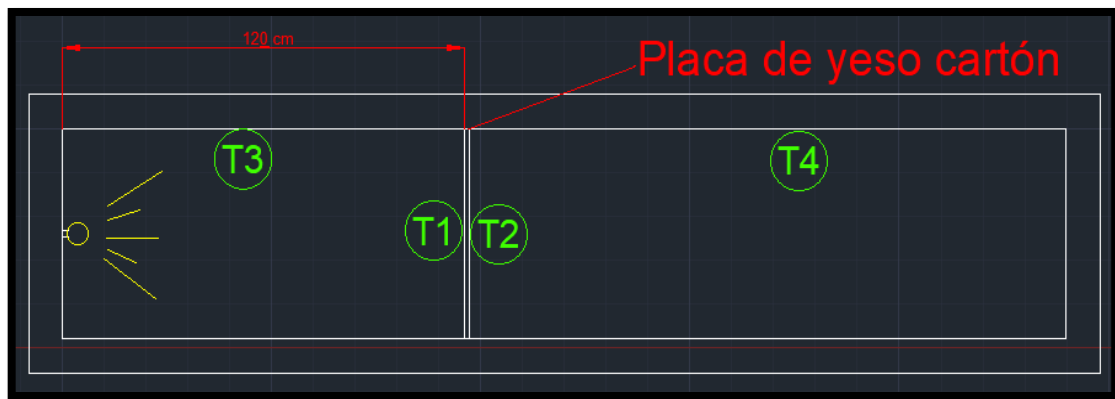


Figura N°3. 9: Esquema Cámara ensayo térmico.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se realizarán mediciones en 4 zonas predeterminadas.

- A) **Cara expuesta:** Cara de la placa que se encuentra expuesta de forma directa a la fuente de calor.
- B) **Cara fría:** Cara contraria a la expuesta. Lado de la placa que estará situada al ambiente frío de la cámara.
- C) **Ambiente expuesto:** Ambiente (recinto cerrado) de la cámara, en la que se encuentra la fuente emisora de calor.
- D) **Ambiente frío:** Ambiente (recinto cerrado) de la cámara, separado del ambiente expuesto por la placa ensayada.

Previo al ensayo se ordenará la cámara de guarda, se buscarán puntos de fuga, luego se conectará el programa señalado al accesorio Passport térmico. Fijando los sensores de temperatura en las caras de la placa, esta se ensayará por un periodo de 2 horas aproximadamente.

3.6.6 –Ensayo Acústico. (NCh 2785. Of 2003 y NCh 2786. Of 2003)

El ensayo se realizará en la cámara de guarda, representada en la figura N°3.10, ubicada en el laboratorio de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

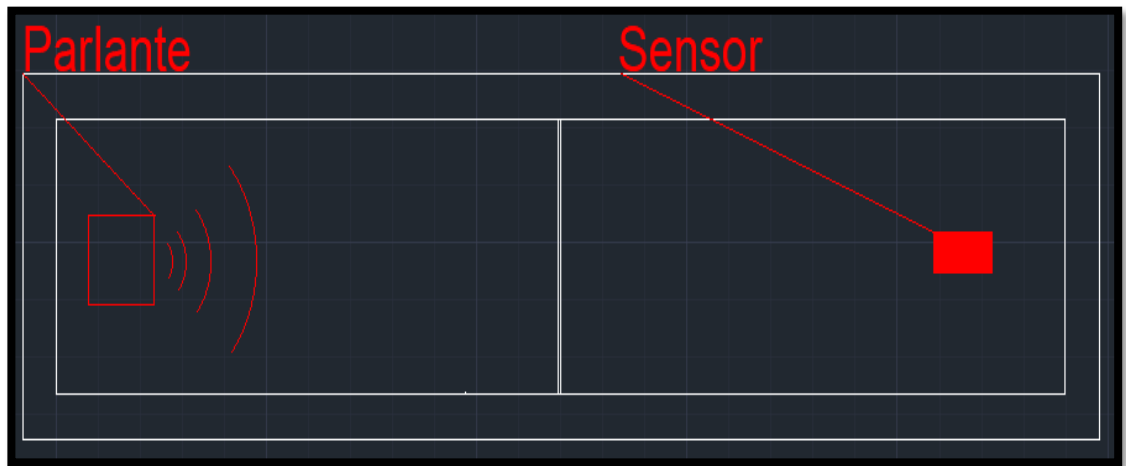


Figura N°3. 10: Esquema Cámara ensayo acústico.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Este ensayo consiste en emitir una frecuencia que se indica en la norma NCh 2786 Of 2003 Acústica: Medición de aislación, acústica en construcciones y elementos de construcción: mediciones en laboratorio de aislación acústica aérea de elementos de construcción. Se utilizará un Subwoofer que genera las frecuencias, mediante el software AUDACITY. Se registrarán los datos por medio de PASCO XPLOER GLX PS2002, con el accesorio PASSPORT micrófono, conectado al notebook. Donde se realizarán lecturas por cada 10 segundos y cada frecuencia tendrá una duración de 1 minuto.

3.7 –Control de curado de probetas.

Esta se controla por medio de una planilla Excel, en donde se registra la fecha de elaboración y la cantidad de días del curado de las probetas. Se elabora un cronograma para cada tipo de probeta expresadas en las tablas del anexo 2.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA.

4.1 –Obtención de la cáscara de almendra triturada.

La cáscara de almendra es de la variedad Non pareil figura N°4.1, producida en la comuna de Codegua, Sexta Región, desde el fundo Don José Luis. Se logró obtener del proceso industrial dos sacos de cáscara de almendra triturada cuyas dimensiones predominaban entre la malla 10 mm y 5 mm. Cabe señalar que se ocupara todo el material triturado obtenido, realizando un uso eficiente de este residuo, ocupándolo en las mismas condiciones y tamaños en las que se entrega en la empresa señala en anterioridad. Además, se agrega que por las características del yeso, no se trata previamente la cáscara de almendra, ya que esta no interfiere con el curado del yeso.



Figura N°4. 1: Cáscara de almendra triturada.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.2 –Tamizado y determinación de la granulometría para su caracterización.

El tamizado se realizó a través del procedimiento descrito en la NCh 165. Of 2009 Áridos para mortero y hormigones – tamizado y determinación de la granulometría, figura N°4.2. El objetivo es determinar la distribución de tamaños que posee la cáscara de almendra triturada. El procedimiento consiste en realizar un cuarteo a la muestra en donde se extraen 366,22 gramos de cascara de almendra triturada como masa inicial.



Figura N°4. 2: cuarteo y tamizado.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La siguiente tabla N°4.1 muestra los resultados obtenidos de la granulometría de la cáscara de almendra triturada, entregada como un subproducto del mercado de la almendra, con el fin de realizar una caracterización al producto.

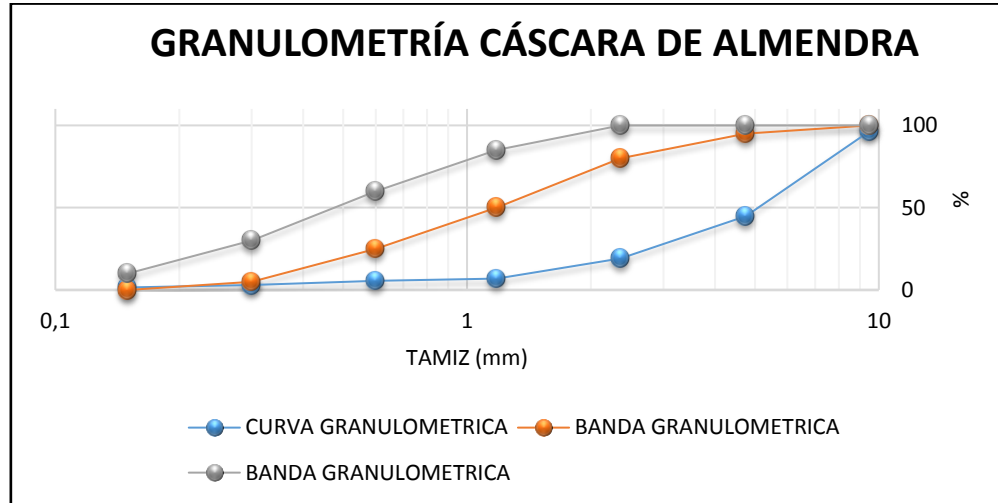
Tabla N°4. 1: Granulometría de la cáscara de almendra, variedad Non pareil.

Granulometría de la cáscara de almendra triturada									
Serie preferida (mm)	TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO		%	%	%	
	ASTM	TAMIZ (mm) - NCH163 OF 2013	gramos	PARCIAL	ACUMULADO	QUE PASA	QUE PASA CORREGIDO	BANDA GRANULOMETRICA NCH163OF2013	
10	3/8	9,5	12,73	3	3	97		100	100
5	4	4,75	188,38	52	55	45	100	95	100
2,5	8	2,36	93,34	26	81	19	43	80	100
1,25	16	1,18	44,61	12	93	7	15	50	85
0,63	30	0,6	5,22	1	95	5	12	25	60
0,315	50	0,3	9,15	3	97	3	7	5	30
0,16	100	0,15	5,28	1	98	2	3	0	10
	BAJO 100		5,54	2	100	0			
	MASA REAL		364,25						
	MASA INICIAL		366,22						
	ERROR		0,54%						

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el grafico N°4.1 se describen los resultados de la granulometría de la cáscara de almendra.

Gráfico N°4. 1: Granulometría de la cáscara de almendra



4.3 –Características físicas de la cáscara de almendra triturada.

4.3.1 –Densidad real.

Tarea realizada con el picnómetro, en donde el procedimiento consiste en llenar hasta los 100 ml y luego pesar. Así obtener los datos de la siguiente tabla. Con los datos de la siguiente tabla podemos obtener la densidad de la vaselina, además de registrar la masa de la cáscara y utilizarla para registrar el volumen desplazado, podemos finalmente calcular la densidad real, Tabla N°4.2.

Tabla N°4. 2: Densidad real de la cáscara de almendra triturada.

Muestra	Masa probeta (gr)	Masa probeta + vaselina (gr)	Masa vaselina (gr)	Volumen vaselina (ml)	Densidad vaselina (kg/m3)	Masa Cascara (gr)	Volumen desplazado (ml)	Densidad cáscara Almendra Kg/m3
M1	109,5	199,1	89,6	100	0,896	15	22,8	658
M2	109,5	197,3	87,8	100	0,878	15	22,1	679
M3	109,5	198,2	88,7	100	0,887	15	23,2	646
Promedio	110	198	89	100	0,887	15	12,5	661

Fuente: Elaboración propia, 2018

A modo de ratificar las densidades se realiza una comparación de los valores con el registro de la caracterización de la cáscara de almendra perteneciente a la investigación realizada en la Escuela de construcción civil de la universidad de Valparaíso, tabla N°4.3 que obtuvo los siguientes valores.

Tabla N°4. 3: Densidades obtenidas por Sotomayor, 2017.

CARACTERISTICA	CÁSCARA	NORMA
ρ NETA (Kg/m ³)	197	NCH 1239 Of 77
ρ REAL SSS (Kg/m ³)	666	NCH 1239 Of 77
ρ Ap. SUELTA (Kg/m ³)	214	NCH 1116 Of 2008
ρ real (Kg/m ³)	666	

Fuente: Sotomayor, 2017.

Estos valores son muy similares a los obtenidos en la caracterización de la cáscara de almendra triturada, presentada a continuación.

4.3.2 –Densidad aparente suelta y compactada de la cáscara de almendra.

❖ Densidad aparente suelta:

Se utilizó un tacho cilíndrico para determinar las densidades, donde se llenó con agua para obtener un volumen conocido, además de obtener su masa con una balanza. Para obtener la densidad aparente suelta el molde se llenó con cáscara de almendra hasta completar la totalidad de su volumen, evitando que se acomoden las partículas de cascara, luego con una regla metálica se procede a enrazar, posteriormente se pesó el contenido. Este procedimiento se realizó tres veces, registrados en la tabla N°4.4.

Para obtener los datos se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Tabla N°4. 4: Densidad aparente suelta.

Muestra	Volumen Molde (ml)	Masa del molde (gr)	Masa molde + cáscara (gr)	Densidad aparente Suelta(kg/m ³)
M1	1003	1510,3	1722,70	211,76
M2	1003	1510,3	1722,22	211,28
M3	1003	1510,3	1722,10	211,16
Promedio	1003	1510,3	1722,34	211,4

Fuente: Elaboración propia, 2018.

❖ **Densidad aparente compactada de la cáscara de almendra:**

Las condiciones y dimensiones se mantienen, exceptuando en el procedimiento de llenado del recipiente. Este se realiza en tres etapas de llenado dividiendo así su volumen, al final de cada etapa se procede a efectuar 25 golpes con un pisón con el fin de comprimir las capas. Los datos obtenidos se representan a través de la tabla N°4.5.

Tabla N°4. 5: Densidad aparente compactada.

Muestra	Volumen Molde (ml)	Masa del molde (gr)	Masa molde + cáscara (gr)	Densidad aparente compactada(kg/m3)
M1	1003	1510,3	1777,8	266,69
M2	1003	1510,3	1780,9	269,79
M3	1003	1510,3	1782,3	271,19
Promedio	1003	1510,3	1780,3	269,22

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.3.3 –Capacidad de retención de agua.

La capacidad de retención de agua de la cáscara de almendra triturada está dada por la formula $\frac{PH-PS}{PS} \times 100$; donde PH es el peso húmedo y PS es el peso seco de la cáscara. Se toma una cierta cantidad del cuarteo realizado para la granulometría y se procede a dejar este en un horno a 60°C por un periodo de 24 horas. Una vez transcurrido dicho periodo de pesa, luego se deja en agua por 24 horas más, pasado el periodo se saca el agua, y con un paño se absorbe el agua superficial de la cáscara de almendra triturada. Se toman tres muestras para este análisis, donde se obtuvieron los siguientes datos, tabla N°4.6:

Tabla N°4. 6: Capacidad de retención de agua de la cáscara de almendra triturada.

Muestra	Peso Húmedo (PH)	Peso seco (PS)	Capacidad de absorción de agua %
1	23,74	19,96	19
2	24,12	20,23	19
3	23,18	19,79	17
Promedio	23,68	19,99	18

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se obtiene el promedio del porcentaje de la capacidad de absorción de agua de la cáscara almendra triturada, cuyo valor es muy superior a como normalmente se encuentra en la naturaleza, ya que su índice de humedad no supera el 12%.

4.4 –Elaboración de las placas.

La confección de las placas se desarrolla en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

Se realiza en primera instancia la disposición y fijación de los moldes por medio de pesos, figura N°4.3 luego aplicamos una pequeña cantidad de desmoldante en cada molde. Una vez listos los moldes se proceden a pesar los componentes que permitirán la elaboración de cada placa de yeso cartón.



Figura N°4. 3: Componentes de la probeta.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Luego se deposita el agua en un recipiente adecuado, que permita espolvorear el yeso, de acuerdo a cada placa, dejando en reposo por un periodo de tres minutos, luego se procede a depositar la cáscara de almendra triturada (condición de entrega) y mezclar, figura N°4.4.



Figura N°4. 4: Mezcla de componentes.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Mezclado los componentes se procede a depositar el contenido al molde y se distribuye en forma homogénea y se enrasa con una regla metálica, retirando además el excedente de la pasta de yeso con agregado, representado en la figura N°4.5.

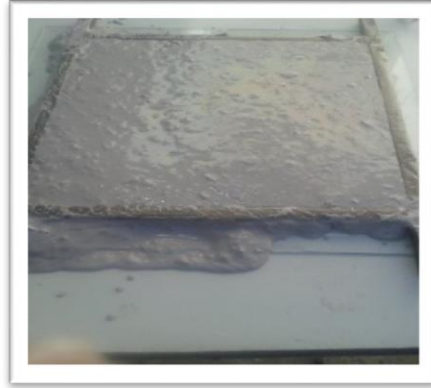


Figura N°4. 5: Pasta de yeso, enrasado.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Terminado el vaciado, se deja reposar por aproximadamente 30 minutos, tiempo suficiente para que tenga un curado estable y un endurecimiento necesario para ser desmoldada, figura N°4.6.

Transcurrido el tiempo de curado mínimo, se inicia a desmoldar la probeta, levantando levemente el molde metálico de una de sus esquinas, subiendo paulatinamente y homogéneamente cada uno de sus lados.

Para cada placa el procedimiento fue el mismo, logrando obtener mayor grado de eficiencia por cada nueva placa elaborada. Utilizando nuevos componentes que generaban una mejor terminación.



Figura N°4. 6: Desmoldado de placas.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Una vez que la placa obtenía la consistencia necesaria para manipular, cercano a los 50 minutos de elaborada, se ordenan a través de códigos indicando el tipo de placa relacionado a sus dimensiones, a la cantidad de agregado y fecha de producción. Luego se registra su peso y se dejan almacenados de acuerdo a lo estipulado en la norma NCh 146/2 Of 2000 en la bodega de almacenaje de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso, figura N°4.7.



*Figura N°4. 7: Almacenamiento y acondicionamiento de las placas.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

De acuerdo a las experiencias de otras investigaciones, se opta por esperar los días de curado (10 días). Así posteriormente, realizar el pegado con el cartón. La adhesión del cartón será óptima una vez limpia la superficie de la placa. Esto se logra lijando imperfecciones y suciedades que pueda tener la placa. Luego se coloca una capa de adhesivo special metylan de densidad superficial 0,0008 (g/cm²) en una cara de la placa, aplicada con brocha y también se coloca adhesivo special metylan al cartón corrugado, esperar a que seque al tacto y finalmente se pegan ambos materiales y se repite el proceso con el otro lado de placa.

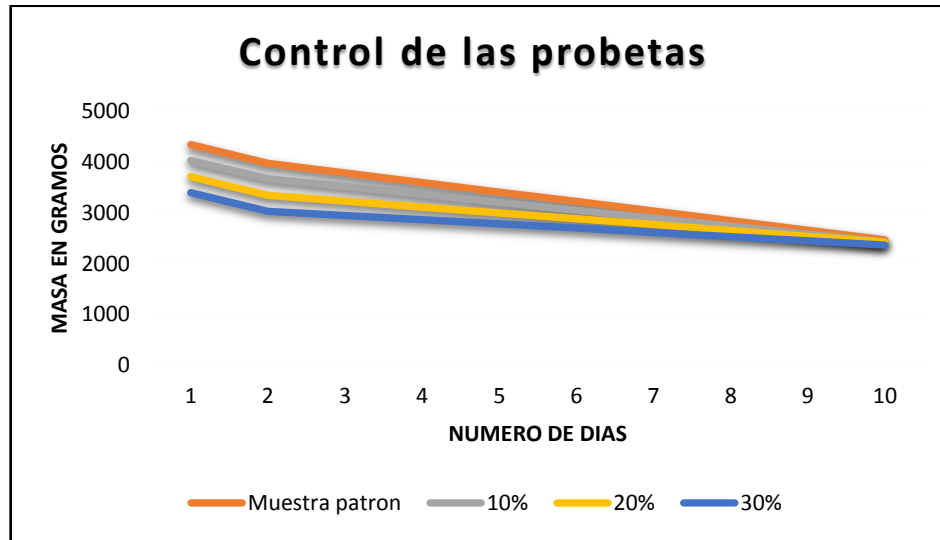
4.5 –Control de la masa de las probetas.

El control de la masa se realizó a las placas destinadas al ensayo de resistencia por flexión, producción A compuesta por una plancha muestra patrón (FMP(a)), placa con agregado 10% de CA (F10(a)), placa con agregado 20% de CA (F20(a)) y una placa de agregado 30% de CA (F30(a)), cuyas dimensiones es de 300 x 400 x 15 mm. Estos registros nos permitirán ver el comportamiento de la densidad de la placa a través de un gráfico. El control se realizará cada dos días de lunes a viernes, dejando el día sábado y domingo como resultado de su promedio. Del mismo modo se promedia el par de días de la semana.

Teóricamente cuando una masa de yeso se mezcla con agua se endurece, las dimensiones obtenidas inmediatamente después del fraguado cambian en función del tiempo, dando lugar a series perturbaciones en la puesta en obra de los yesos o de productos prefabricados. La expansión normal del yeso en un corto tiempo de curado a 20° C, y con una humedad relativa del 50%, oscila entre 1,0 y 1,6 mm por metro lineal, cuando se emplea una relación de agua/yeso de 0,6 Valor muy cercano a la relación A/Y de la investigación 0,64.

Las placas pierden masa diariamente con una variación que va entre el 3% y 5% aproximadamente. El comportamiento de la pérdida de masa se refleja en el gráfico N°4.2. Además por investigaciones anteriores se decide que el tiempo de fraguado será de diez días, llegando a un rango óptimo para poder adherir el cartón a la placa, se suma el cambio de color que sufre la placa, pasando de un color plomo a un color blanco.

Gráfico N°4. 2: Control de la masa de las probetas.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.6 –Ensayo Resistencia Al Impacto.

Este ensayo para su desarrollo requiere de una bola de acero de 500 gramos, la cual se deja caer desde una altura de 50 centímetros por efecto de la gravedad sobre una placa de 300 x 300 x 15 mm. Las placas deberán cumplir con las exigencias estipuladas en la norma NCh 146/1 Of. 2000. Por otro lado la superficie en donde se apoya la placa debe estar horizontal, lisa y rígida, figura N°4.8.

Una vez listas las especificaciones de la norma, se toma cada placa y trazan líneas para fijar su centro, se deja caer la bola de acero desde la altura señalada y se procede a medir la huella con un pie de metro, se toman dos medidas y se obtiene su promedio como valor final.



Figura N°4. 8: Ensayo de Resistencia al Impacto.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los promedios obtenidos de cada huella se expresan en la tabla y grafico en el punto 5.2 del capítulo cinco, análisis de resultados.

4.7 –Ensayo de Resistencia a la Humedad.

Este ensayo requiere de las mismas exigencias comprendidas en la norma NCh 146/2 Of 2000, referidas al acondicionamiento de las placas. Este ensayo además se aplicará a las placas de dimensiones de 300 x 300 x 15 mm y cuyo contenido varía entre 0%, 10%, 20% y 30% de cáscara de almendra triturada. Se utiliza el lavatorio fibra de vidrio ubicado en los laboratorios docentes de la Escuela de Construcción Civil.

Los requisitos de acuerdo a la norma señalada en el párrafo anterior, consiste en regular la temperatura del agua a $21^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y mantener el nivel del agua a una altura de $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, medida desde la cara superior de la placa hasta la superficie del agua, además las placas irán sobre barras tubulares con el fin de que el agua tenga contacto con la totalidad de la placa.

Una vez lista las especificaciones se procede a registrar su masa inicial seca, posteriormente se sumergen por un periodo de dos horas, una vez terminado dicho periodo se procede a secar las caras de las probetas con una toalla para eliminar el exceso de agua, registrando su peso final húmedo, figura N°4.9.

Los resultados de absorción de las placas estarán registrados y graficados en el punto 5.3 en el capítulo cinco Análisis de Resultado.



*Figura N°4. 9: Ensayo de resistencia a la humedad.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

4.8 – Ensayo de Resistencia a la Flexión.

El procedimiento del ensayo de resistencia a la flexión está determinado por la norma NCh 146/2 Of. 2000. Estableciendo el acondicionamiento de las placas para realizar el ensayo, especificando una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 10\%$ durante 12 horas, además se debe determinar su masa cada cuatro horas, hasta que entre dos medidas sucesivas tengan una diferencia menor o igual a 0,1 %. Una vez lista la placa se procede a colocar en la maquina artesanal de ensayo, dejándola centrada con esta. Finalmente se aplicará una carga con un incremento de $250 \text{ N/min} \pm 20\%$ hasta que se produzca la rotura figura N°4.10.

Una vez revisada la diferencia de masas, se determina la carga máxima de resistencia a la flexión con una maquina construida artesanalmente, evaluada por el profesor Andrés Jamet, de acuerdo a lo especificado en la norma NCh 146/2 Of. 2000.

Esta experiencia se realiza con arena donde se procede a llenar con esta el interior de los baldes con un incremento uniforme, logrando la rotura y determinando el peso del contenido de arena. Previamente se realiza una conversión de unidades para determinar el incremento uniforme.



*Figura N°4. 10: Ensayo Resistencia a la Flexión.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

Los resultados del ensayo de la Resistencia a la flexión están registrados y graficados en el punto 5.4 en el capítulo cinco Análisis de Resultado.

4.9 –Ensayo Acústico.

Para el desarrollo de esta experiencia se utiliza la cámara de ensayo ubicada en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Cuyo método es el utilizado por López, (2013) para determinar el comportamiento acústico de las placas de yeso cartón. En cuanto al acondicionamiento previo de las placas, es el mismo para todos los ensayos.



*Figura N°4. 11: Ensayo acústico.
Fuente: Elaboración propia, 2018.*

Las placas utilizadas para este ensayo poseen dimensiones de 600 x 650 mm con un espesor de 15 mm. Para el procedimiento se conecta el sensor Passport micrófono al programa señalado, para realizar la lectura de datos (dba). Una vez terminada las conexiones, se procede a cerrar en su totalidad la cámara, por la sección superior de la misma, figura N°4.11.

MIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
HZ	0	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

De acuerdo a la experiencia realizada por López, (2013) se procede a reproducir una cierta cantidad de frecuencias establecidas en el Manual De Aplicación Reglamentación Acústica del MINVU. Es por ello que se opta por realizar un archivo en formato audio (WAV) con la totalidad de las frecuencias, con una duración por frecuencia de 1 minuto. Permitiendo una lectura de datos por cada 10 segundos.

4.10 –Ensayo Térmico.

Para el desarrollo de esta experiencia se utiliza la cámara de ensayo ubicada en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Cuyo método es el utilizado por López, (2013) para determinar el comportamiento acústico de las placas de yeso cartón. En cuanto al acondicionamiento previo de las placas, es el mismo para todos los ensayos.

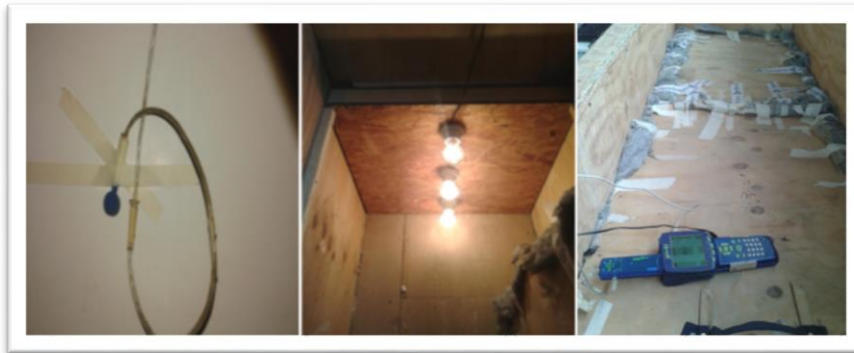


Figura N°4. 12: Ensayo térmico.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las placas utilizadas para este ensayo poseen dimensiones de 600 x 650 mm con un espesor de 15 mm. Para el procedimiento se conecta el sensor Passport térmico al programa PASCO XPLOER GLX PS2002, para realizar la lectura de datos (C°). Una vez terminada las conexiones, se procede a cerrar en su totalidad la cámara, dejando las placas a una distancia de 120 centímetros de la fuente de calor, figura N°4.12.

Se realizarán mediciones en 4 zonas predeterminadas.

- A) **Cara expuesta:** Cara de la placa que se encuentra expuesta de forma directa a la fuente de calor.
- B) **Cara fría:** Cara contraria a la expuesta. Lado de la placa que estará situada al ambiente frío de la cámara.
- C) **Ambiente expuesto:** Ambiente (recinto cerrado) de la cámara, en la que se encuentra la fuente emisora de calor.
- D) **Ambiente frío:** Ambiente (recinto cerrado) de la cámara, separado del ambiente expuesto por la placa ensayada.

Cada placa de yeso cartón será ensayada por un periodo de 2 horas, de esta forma la plancha logra entrar en régimen por diferencia de temperatura, estabilizándose la temperatura en ambos lados. La lectura de datos se realiza cada 5 minutos

CAPITULO V ANALISIS DE RESULTADO.

5.1 –Densidad de las placas.

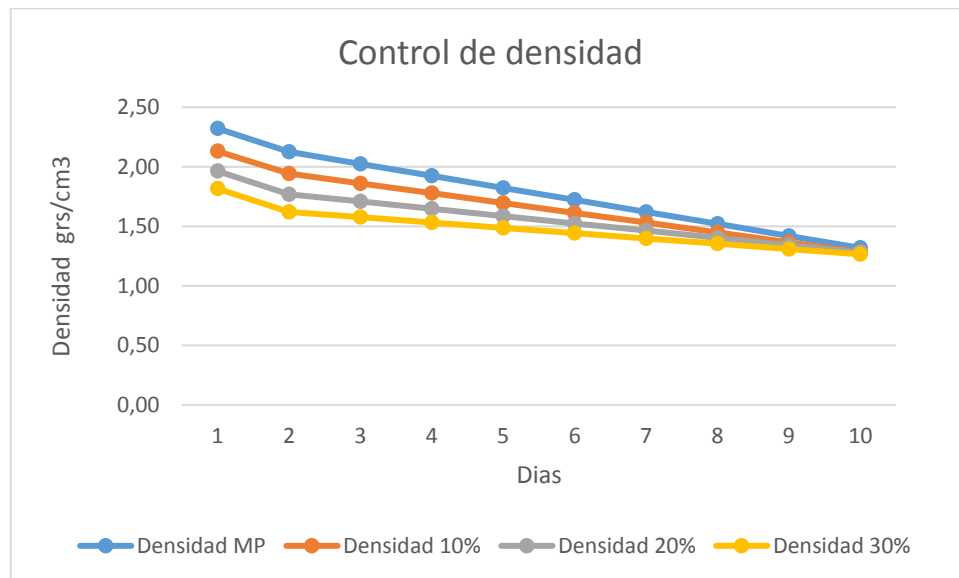
El registro de las densidades está determinado por el seguimiento que se realizó a la masa de cada placa de la producción (a), hasta el día 10 desde la fecha de elaboración. Dividiendo la masa de cada probeta por el volumen de la misma. Las placas corresponden a las de dimensiones 400 x 300 x 15 mm. Los datos se representan a través de la tabla N°5.1.

Tabla N°5. 1: Registro, densidades de placas.

Código	Porcentaje de CA	masa (g)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)
FMP(a)	0%	2466,45	0,00187	1316,18
F10(a)	10%	2425,42	0,00189	1282,58
F20(a)	20%	2421,38	0,00189	1281,56
F30(a)	30%	2365,12	0,00187	1263,93

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Gráfico N°5. 1: Control de la densidad de curado.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La incorporación de la cáscara de almendra triturada provoca una variación de la densidad de cada placa, notando una disminución de la densidad a medida que se incorpora cáscara de almendra, expresado en el grafico N°5.1.

5.2 –Ensayo de Resistencia al Impacto.

Se presentan en la tabla N°5.2 los resultados obtenidos de las huellas dejadas tras realizar el ensayo de resistencia al impacto.

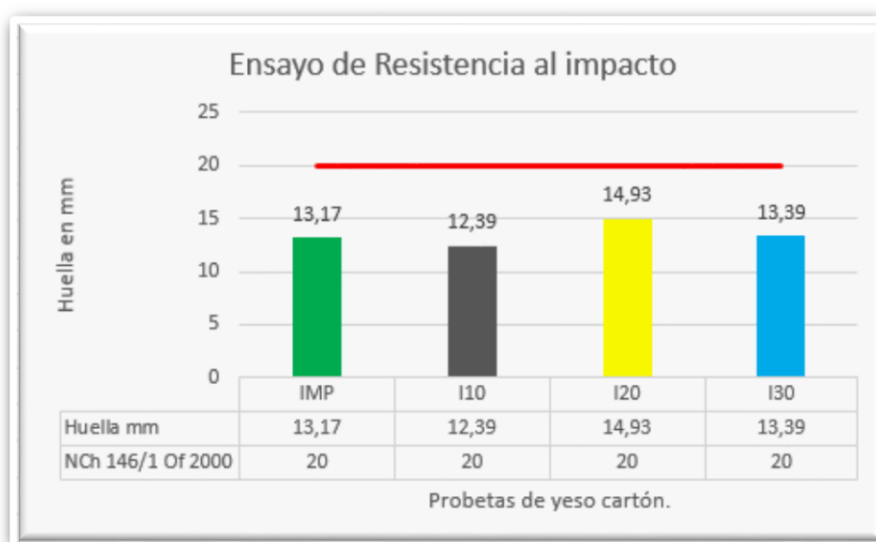
Tabla N°5. 2: Registro, ensayo de resistencia por impacto.

Código	N° tiro	M1 (mm)	M2 (mm)	Prom (mm)	Huella Promedio (mm)
IMP(a)	1	13,1	13,68	13,39	
IMP(b)	2	12,75	13,28	13,02	13,17
IMP(c)	3	12,91	13,27	13,09	
I10(a)	1	12,85	12,29	12,57	
I10(b)	2	11,83	12,18	12,01	12,39
I10(c)	3	12,7	12,46	12,58	
I20(a)	1	14,5	14,39	14,45	
I20(b)	2	15,31	15,7	15,51	14,93
I20(c)	3	14,63	15,05	14,84	
I30(a)	1	13,34	12,69	13,02	
I30(b)	2	13,21	13,83	13,52	13,39
I30(c)	3	13,5	13,79	13,65	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

A modo de un mejor análisis se presenta la siguiente gráfica N°5.2:

Gráfico N°5. 2: Resistencia al impacto.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las placas ensayadas cumplen con el diámetro de huella máxima de 20 mm, especificada en la norma NCh 146/1 Of. 2000, se puede ver en la tabla anterior que todas las huellas cumplen con las exigencias de diámetro, en relación a las diferencias entre placas cabe destacar un pequeño aumento de resistencia al impacto al agregarle un 10% de cáscara de almendra en reemplazo de la pasta de yeso, respecto al agregarle un 20% de agregado, la huella aumenta su diámetro superando a la muestra patrón (color verde), así también ocurre cuando se ensaya la placa con 30% de cáscara.

A continuación, se muestra la tabla N°5.3, donde se compara porcentualmente la muestra patrón y las placas con agregado de cáscara de almendra triturado en sus diferentes proporciones. Con el fin de establecer un aumento o disminución de la resistencia.

Tabla N°5. 3: Diferencia % entre placas V/S muestra patrón.

Código	Diámetro Huella promedio(mm)	% Respecto a la Muestra Patrón	Observación
IMP	13,17	100%	-----
I10	12,39	94,08 %	Aumenta Resistencia
I20	14,93	113,36 %	Disminuye Resistencia
I30	13,39	101,67 %	Disminuye Resistencia

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los resultados obtenidos no muestran un comportamiento lineal, de este modo no se identifica algún tipo de patrón. Esto puede ser que al impactar la bola sobre la placa esta puede caer sobre el agregado de la cáscara de almendra. En los datos se obtiene que la incorporación de la cáscara en un 10% aumenta la resistencia al impacto, provocando una disminución en la huella de un 5,92% respecto a la muestra patrón, sin embargo, la incorporación de un 20% y 30% de la cáscara de almendra la resistencia al impacto disminuye, generando un aumento en el diámetro de la huella de un 13,36 % y 1,67% respecto a la muestra patrón.

5.3 –Ensayo de Resistencia a la Humedad.

Para realizar este ensayo las placas deben estar condicionadas respecto a la norma NCh 146/2 Of 2000. Una vez condicionadas se determina la resistencia a la humedad de las placas, registrando los valores en la siguiente tabla, la cual contiene la masa de la placa condicionada seca (m_0) y la masa de la placa sumergida en agua por dos horas (m_1), determinando finalmente a través de la siguiente formula, el porcentaje de absorción de agua de cada placa de dimensiones 300 x 300 x 15mm se representan a través de la tabla N°5.4.

$$\% \text{ agua absorbida} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

Fuente: Norma NCh 146/2 Of 2000.

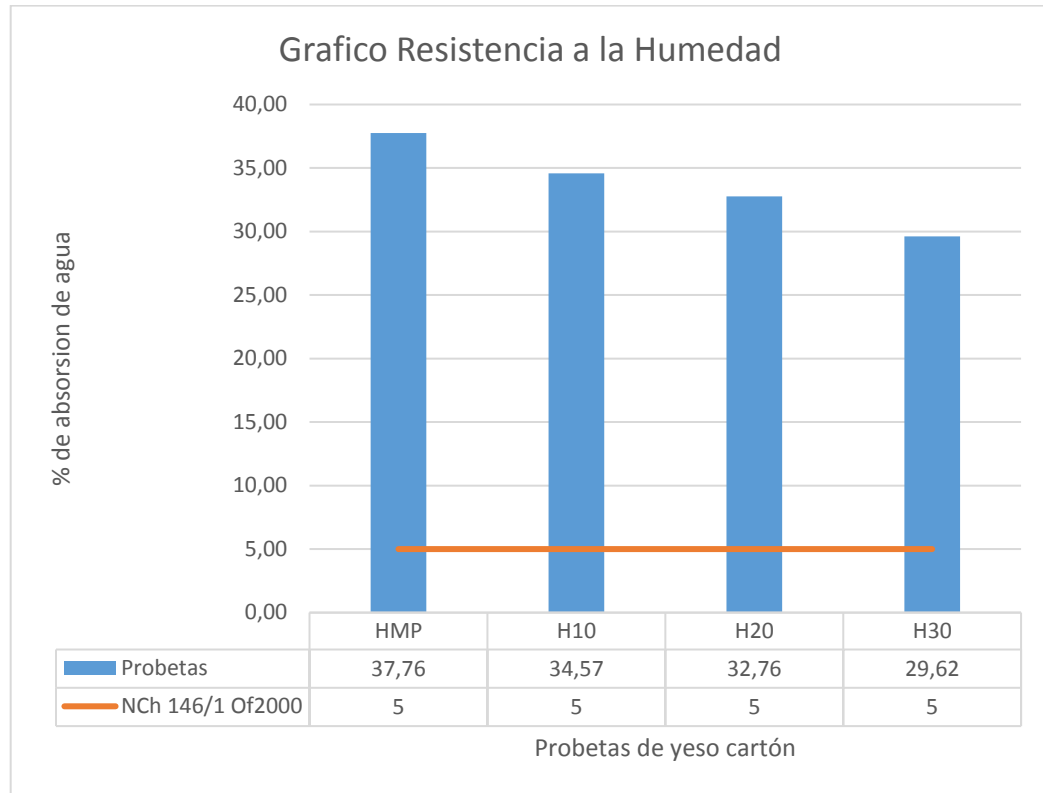
Tabla N°5. 4: Porcentaje de absorción de agua.

Codigo	m_0 (gr)	m_1 (gr)	% de Agua Absorbida	Promedio % de absorcion de agua
HMP(a)	1683,12	2320,61	37,88	
HMP(b)	1685,33	2318,34	37,56	37,76
HMP(c)	1684,03	2321,46	37,85	
H10(a)	1642,82	2215,75	34,87	
H10(b)	1650,17	2210,56	33,96	34,57
H10(c)	1644,45	2217,92	34,87	
H20(a)	1638,03	2191,13	33,77	
H20(b)	1640,29	2153,24	31,27	32,76
H20(c)	1639,46	2184,23	33,23	
H30(a)	1582,78	2076,67	31,20	
H30(b)	1592,47	2032,49	27,63	29,62
H30(c)	1588,51	2065,39	30,02	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

A través de los datos obtenidos se procede a elaborar un gráfico N°5.3 para visualizar el comportamiento de la incorporación de la cáscara de almendra triturada.

Gráfico N°5. 3: Resistencia a la Humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

De acuerdo a la norma NCh 146/1 Of 2000. La clasificación de las placas de yeso cartón se clasifican en los siguientes tipos: RF (resistente al fuego), ST (placa estándar), y RH (resistente a la humedad). Entonces para ser clasificada como RH, la placa de yeso cartón debe cumplir con los requisitos de resistencia al agua tanto por inmersión como por absorción superficial. Es así que la norma exige un porcentaje máximo de 5% de absorción de agua para cada placa. Por lo tanto, al analizar cada una de estas notamos que ninguna de las placas cumple con el requisito especificado, entonces se concluye que ninguna placa es del tipo RH.

5.4 –Ensayo Resistencia a la Flexión.

Las placas de yeso cartón fueron ensayadas de acuerdo a la norma NCh 146/2 Of. 2000, previamente se fija la maquina artesanal a una mesa a través pesos y sargentos 24” acero inoxidable. Se deja estable, horizontal para el buen funcionamiento de este ensayo. A continuación, en la tabla N°5.5 se presentan los resultados obtenidos de cada placa de 400 x 300 x15 mm, que fue ensayada.

Tabla N°5. 5: Resultados ensayo resistencia a la flexión.

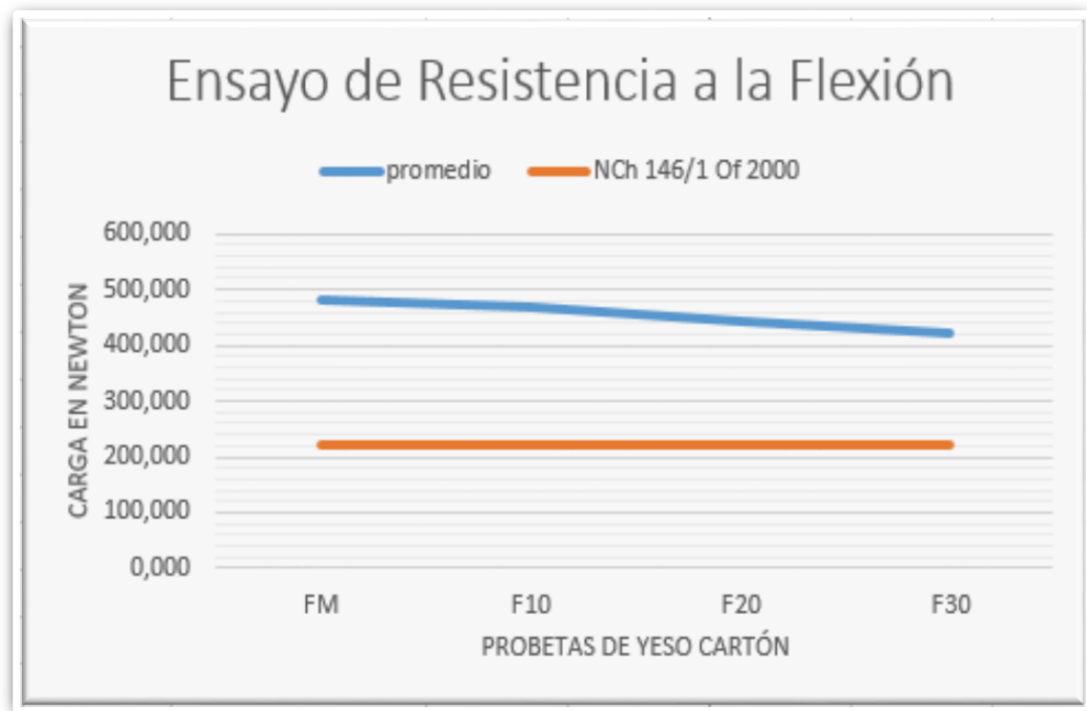
Código	Porcentaje de CA	Carga en voladizo (kg)	Carga en voladizo(N)	K (N)	Promedio Resistencia(N)
FMP(a)	0%	25,31	248,21	480,90	
FMP(b)	0%	25,87	253,70	491,54	483,37
FMP(c)	0%	25,14	246,54	477,67	
F10(a)	10%	24,27	238,01	461,14	
F10(b)	10%	25,01	245,27	475,20	467,54
F10(c)	10%	24,54	240,66	466,27	
F20(a)	20%	24,03	235,66	456,58	
F20(b)	20%	22,84	223,99	433,97	442,96
F20(c)	20%	23,07	226,24	438,34	
F30(a)	30%	21,88	214,57	415,73	
F30(b)	30%	22,21	217,81	422,00	420,73
F30(c)	30%	22,34	219,08	424,47	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La máquina artesanal donde se realiza el ensayo, por especificaciones de la norma NCh 146/2 Of 2000, los apoyos deben cumplir con una distancia de 350 mm, donde posteriormente se fijan los centros de cada placa. El valor K (carga de rotura) es calculado con anterioridad con la fórmula de momento, quedando como resultado $K=1,9375 \times P$ donde P (carga en voladizo).

Entonces al introducir los valores de la carga (N) en la fórmula de carga por rotura, obtenemos los resultados del ensayo resistencia a la flexión.

Gráfico N°5. 4: Grafico Ensayo resistencia a la flexión.



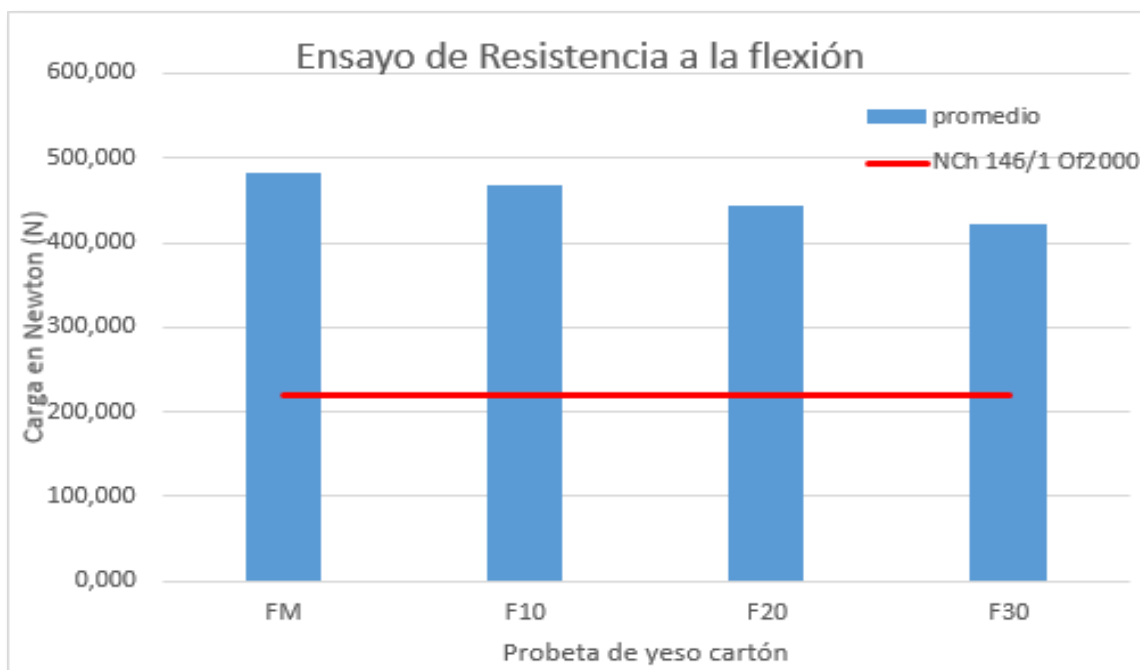
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Analizando el grafico N°5.4 podemos desprender que a medida que se incorpora la cáscara de almendra triturada, en sus diferentes porcentajes en forma creciente, la resistencia a la flexión disminuye. Entonces podemos decir que a medida que se incorporara cáscara de almendra triturada, la resistencia a la flexión disminuye.

Describiendo el comportamiento de las placas de yeso cartón notamos que la muestra patrón es la más resiste, mientras tanto la placa de yeso cartón con agregado de cáscara de almendra al 30% es la menos resistente, Además podemos destacar que la totalidad de las placas cumplen con el mínimo de resistencia (N) exigido por la norma, (**220 Newton**) norma NCh 146/1. Of 2000. Para una placa de espesor de 15 mm.

Para comparar los valores obtenidos del ensayo, se realiza el gráfico N°5.5. En paralelo se realiza la tabla N°5.6 para diferenciar los valores porcentuales entre la muestra patrón y el resto de las placas de yeso cartón.

Gráfico N°5. 5: Comparación de valores, ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla N°5. 6: Resumen promedios del ensayo resistencia a la flexión.

Código	Carga promedio (N)	% Respecto a la MP	Observación
FMP	483,37		
F10	467,54	3,27	Disminuye
F20	442,96	8,36	Disminuye
F30	420,73	12,96	Disminuye

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La comparación realizada notamos la disminución de la resistencia a la flexión respecto a su muestra patrón (MP) en un 3,27% para una placa de sustitución volumétrica del 10%, Un 8,36% para una placa de sustitución volumétrica del 20% y la más desfavorable placa 30% de sustitución volumétrica por agregado de cáscara de almendra triturada en un 12,96%. La investigación busca establecer las proporciones óptimas de cáscara de almendra triturada, para confeccionar una placa de yeso cartón.

5.5 –Ensayo Acústico.

Los datos obtenidos en el ensayo, basados en el procedimiento utilizado por López, (2013) se presentan en la tabla N°5.7. La cual está representando por el valor máximo obtenido en el periodo de cada frecuencia

Tabla N°5. 7: Resumen Ensayo Acústico.

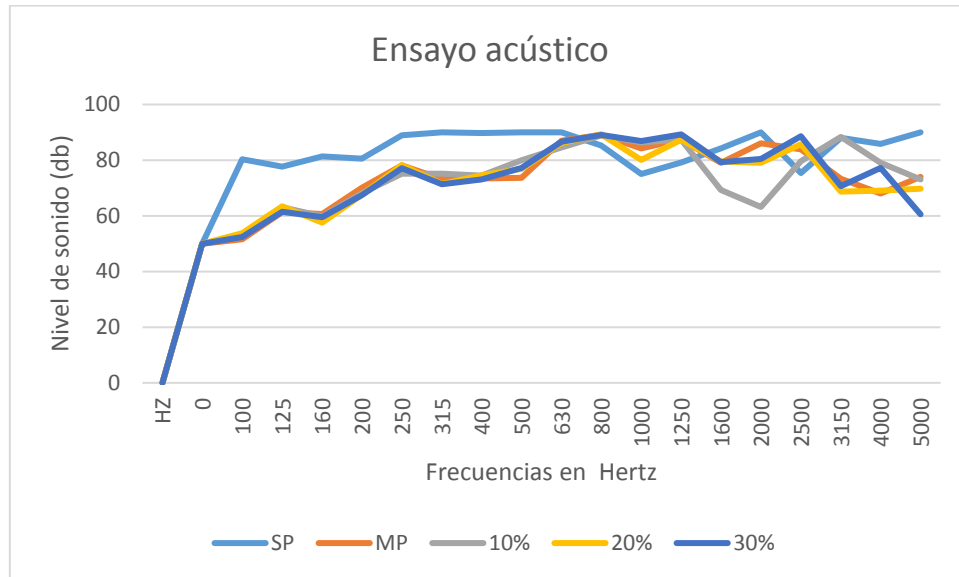
					Ensayo Acústico Placa De Yeso Cartón (db)								
	SP		MP			10%			20%			30%	
HZ	SP	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
100	80,3	51,6	51,4	51,6	53,3	52,7	52,6	53,7	53,7	53,9	52,7	52,5	51,8
125	77,7	61,5	61,2	61,2	63,9	62,1	63,3	63,4	63,6	63,1	61,6	61,6	61,2
160	81,4	60,6	60,7	60,7	60,3	59,8	59,5	57,7	57,5	57,5	59,7	59,4	59,3
200	80,5	70	70	70,1	68,2	67,7	68,4	67,7	67,2	67,7	67,9	67,2	67,4
250	89	78,1	78,3	77,9	76,6	74,2	74,8	78,1	78,4	78,3	77,4	77	77
315	90	73,3	73,1	73,1	74,1	76,1	75,3	72,2	72,2	70	71,9	71	71,2
400	89,7	73,6	73,5	73,3	75,4	74,3	73,7	74,5	74,8	74,3	73,4	72,8	73,1
500	90	73,9	73,5	73,6	80	79,7	80,1	76,5	77	77	77,2	77,1	77,2
630	90	86,8	87	87	85,7	83,5	84,6	86,6	86	86	86,9	86,6	86,6
800	85,3	89	89,2	89,2	89,2	88,6	88,8	89,3	89,5	89,1	89,3	89	89
1000	75	84,2	84,4	84,1	87,2	85,7	86,5	80	80,1	80,1	87	86,8	86,8
1250	79,2	87,2	87,5	87,5	87,7	86,9	87,3	87,4	87,2	87,3	89,3	89,1	89,4
1600	84,2	79,1	78,9	79,3	70,1	68,1	69,7	79,5	79,6	79,5	79,9	79	79
2000	90	86	86	86,1	63,8	62,6	63,2	79,2	78,8	79,2	80,8	80,1	80,3
2500	75,4	83,8	84	83,8	80,2	79,7	79,1	86	85,5	85,5	88,8	88,4	88,7
3150	88	73,4	73,5	73,1	88,9	88,3	87,9	68,6	68,2	69,3	71	70,5	70,5
4000	85,8	68	68,1	68	79,5	78,6	79,1	69,4	69,1	68,7	77,5	77	77
5000	90	73,9	74	74	73,3	72,5	73,6	69,2	69,9	70,1	61	60,4	60,4

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la tabla N°5.7 también se expresan los valores correspondientes al tipo de placa en los casos de muestra patrón (**MP**), Agregado de cáscara de almendra triturado (**10%, 20% y 30%**). Los datos en la sección **SP** corresponde al ensayo realizado sin una placa aislante, esto se hace con el objeto de ver la diferencia porcentual entre la utilización de la placa versus si no existiera.

Además, se presenta una gráfica N°5.5 que representa todos los datos obtenidos por el equipo Xplorer GLX. Con el fin de describir su comportamiento del nivel del sonido (dba) por cada tipo de frecuencia.

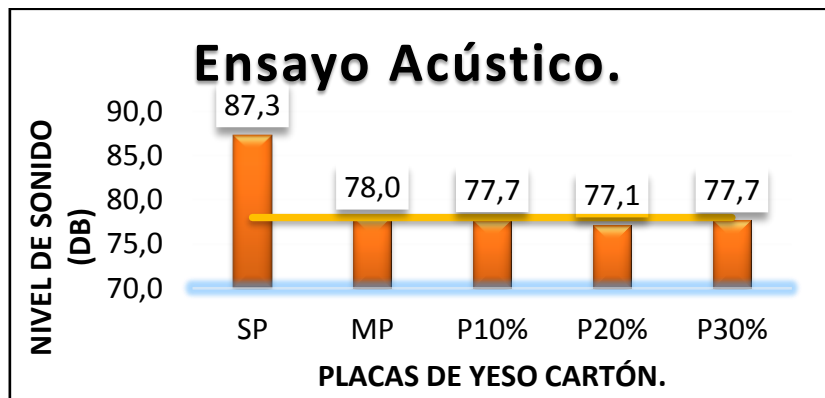
Gráfico N°5. 6: Comportamiento del nivel de sonido por cada tipo de frecuencia.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Con el fin de ver claramente los resultados obtenidos y poder comparar las placas ensayadas, se presenta el gráfico N°5.6.

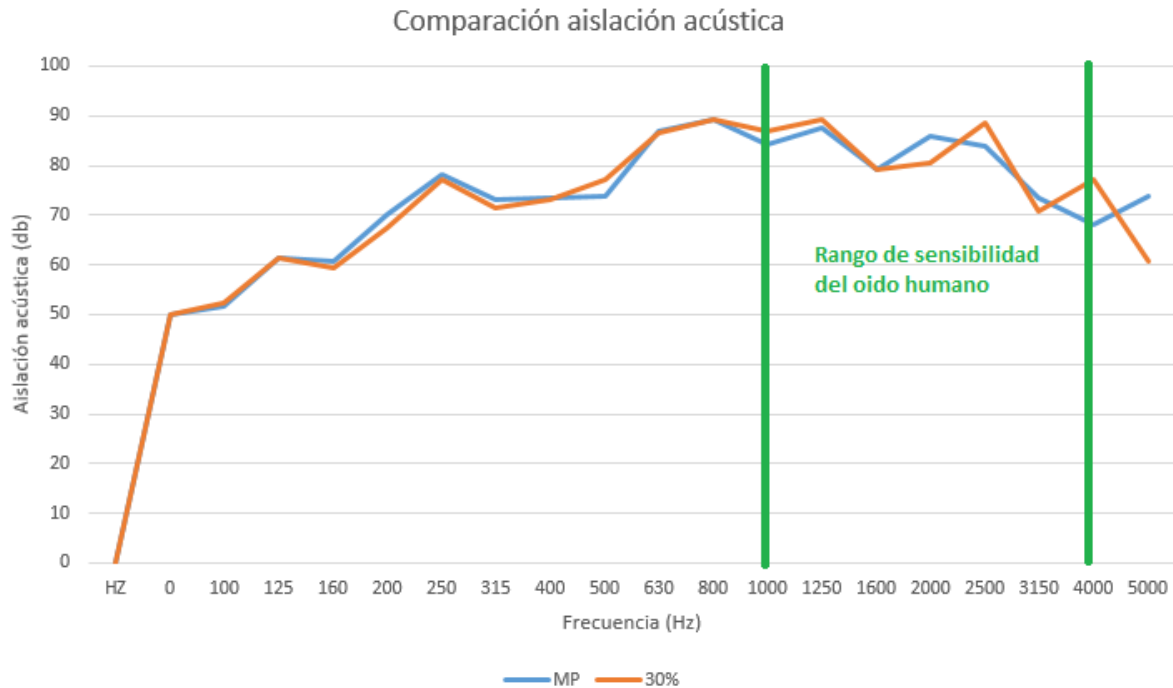
Gráfico N°5. 7: Comparación de resultados en el ensayo acústico.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el grafico N°5.7 se muestra el comportamiento de aislación acústica de las placas de yeso cartón del tipo muestra patrón, y la placa de yeso cartón con agregado de cáscara de almendra triturada de 30%, donde se puede ver una leve mejora en el aislamiento de la placa de yeso cartón con integración del 30%.

Gráfico N°5. 8: Comparación de resultados en el ensayo acústico.



G

Fuente: Elaboración propia, 2018

Sin embargo, no se puede determinar una relación que determine como la incorporación de cáscara de almendra triturada cambia el comportamiento acústico, ya que los resultados no son claros, ya que los datos obtenidos en el ensayo de 10% y 30% son similares. Lo que podemos expresar, es que incorporando cáscara de almendra triturada en las sustituciones volumétricas de 10%, 20% y 30% mejoran en un pequeño porcentaje el comportamiento acústico.

Además, se obtiene los valores promedios de una placa de yeso cartón proveniente del mercado nacional “placa de yeso cartón volcán” de 15 milímetros. Ensayadas en los laboratorios de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

El promedio resultante tras la aplicación de las diferentes frecuencias es de **77,4 (dba)**, siendo este un valor similar al de las placas ensayadas.

De los resultados obtenidos se realizan dos comparaciones, tabla N°5.8. La primera es referente a la diferencia porcentual respecto a la muestra patrón. Y la segunda expresa la diferencia porcentual respecto al ensayo sin placa.

Tabla N°5. 8: Diferencias porcentuales MP (tabla1) y SP (tabla2)

Tabla Resumen 1					
Placa	Dif. De NV. De sonido (db) Muestra patrón.				% respecto a muestra patrón
MP	78				
10%	0,3				0,38 %
20%	0,9				1,15 %
30%	0,3				0,38 %
Tabla Resumen 2					
Placa	Dif. De NV. De sonido (db) Sin placa				% respecto sin placa
SP	87,3				
MP	9,3				10,65 %
10%	9,6				11,00 %
20%	10,2				11,68 %
30%	9,6				11,00 %

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La diferencia porcentual que obtuvo mejores resultados es la placa con una sustitución volumétrica de 20%. Mejorando sus propiedades acústicas en un 1,15% respecto a la muestra patrón y un 11,68% respecto a la ausencia de una placa.

5.6 – Ensayo Térmico.

El desarrollo del ensayo térmico está determinado por un protocolo de ensayo, creado inicialmente para mantener una temperatura inicial en un cierto rango, para obtener datos similares, con el efecto de realizar una mejor comparación entre todas las placas ensayadas. Este protocolo consiste en chequear la temperatura de la cámara con los sensores manteniendo la cámara sellada y vacía, si la temperatura es muy baja (menor a 10°C) se encienden las ampollitas por un periodo de 5 minutos. Caso contrario cuando se realiza un ensayo, ya que esta queda con cierto rango de temperatura, dejando enfriar por un periodo de 35 minutos, a la vez permitiendo una renovación de aire constante, abrir ventanas laterales en ambos lados del laboratorio.

Al comenzar el ensayo las temperaturas dentro de la cámara se encuentran en un rango de 14°C y 17°C, la recopilación de datos se realiza con el equipo Xplorer glx, el cual arroja datos cada 300 segundos por un periodo de 2 horas, generando 25 datos. En la tabla N°5.9 se entrega el promedio de los datos de las temperaturas alcanzadas en el tiempo estudiado.

Tabla N°5. 9: Promedio de resultados Ensayo Térmico.

Valores promedio, temperaturas alcanzadas °C						
Tipo	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	Dif. Temperatura en °C en las caras de la placa T1 y T2	Temperatura en °C ambiente interior T4
MP	29,68	22,61	45,48	18,03	7,07	18,03
T10	29,25	21,82	43,82	17,04	7,43	17,04
T20	30,01	22,31	45,32	16,71	7,70	16,71
T30	28,78	20,89	45,85	16,13	7,89	16,13

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se entiende que a mayor diferencia de temperatura en las caras de la placa es mejor la aislación térmica de la placa, la diferencia en comparación a la muestra patrón, se representa a través de la tabla N°5.10.

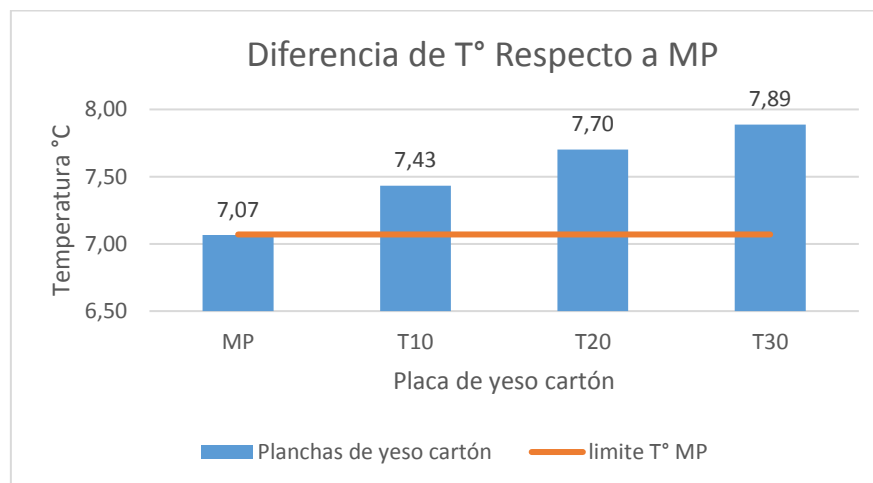
Tabla N°5. 10: Diferencia porcentual de T° respecto a la muestra patrón.

diferencia porcentual de temperaturas alcanzadas °C en relación a la muestra patrón							
Tipo	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	Dif. T°C en las caras	Diferencia % Respecto (MP)	Observación
MP	29,68	22,61	45,48	18,03	7,07		
T10	29,25	21,82	43,82	17,04	7,43	5,18	Mejora
T20	30,01	22,31	45,32	16,71	7,70	9,00	Mejora
T30	28,78	20,89	45,85	16,13	7,89	11,63	Mejora

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se expresa en el gráfico N°5.8 la diferencia de temperatura respecto a la muestra patrón.

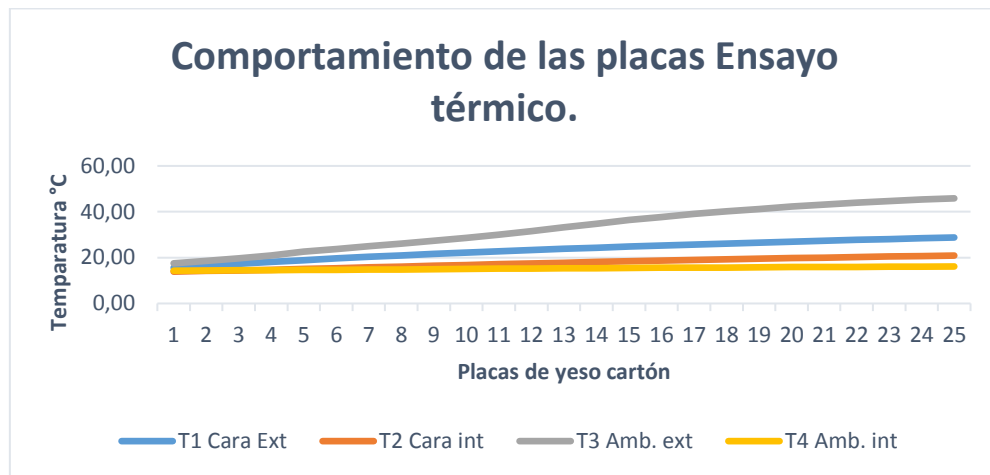
Gráfico N°5. 9: Resultado ensayo térmico, comparados a la muestra patrón MP



Fuente: Elaboración propia, 2018.

El comportamiento en general durante las 2 horas de ensayo, se observa en la gráfica N°5.9 que a medida que avanza el tiempo, la temperatura en las caras van aumentando paulatinamente, exceptuando el ambiente simulado exterior (cara zona ampollitas), manteniendo un crecimiento rápido y constante, disminuyendo el rango de cambio pasada 1 hora de ensayo, entrando en la etapa de régimen por diferencia de temperatura en ambos ambiente, disminuyendo el crecimiento lineal entre ambos datos, notándose más en caras y temperatura ambiente interior.

Gráfico N°5. 10: Comportamiento placas ensayo térmico.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPITULO VI CONCLUSIONES

6.1 – CONCLUSIONES:

En esta sección es respecto al capítulo anterior de análisis de resultados obtenidos en la investigación, donde se expresan las siguientes conclusiones.

6.1.1 –Conclusiones respecto a la densidad.

Sin duda a medida que se realizaba la investigación resulta importante destacar la densidad, ya que logrando una disminución de esta, se pueden lograr ventajas para un material, Así entonces se ha demostrado que la incorporación de cáscara de almendra triturada produce una disminución de la densidad en las placas de yeso cartón, esta incorporación ha logrado una disminución de hasta un 4,1 % respecto a la muestra patrón. Permitiendo un leve aligeramiento, lo que aumentaría su trabajabilidad y transporte, a su vez cabe señalar la disminución del uso de yeso y agua factores clave en la elaboración de estas.

6.1.2 – Conclusiones respecto ensayo resistencia al impacto.

En este ensayo de resistencia por impacto, los ensayos realizados no permiten determinar un comportamiento, que permita describir un patrón al incorporar cáscara de almendra triturada en los diferentes porcentajes. Esto puede ser que al momento en que impacta la bola sobre la placa, esta puede caer sobre una porción de cáscara de almendra triturada, teniendo como resultados no lineales. Sin embargo, la totalidad de las placas ensayadas cumplen con el máximo exigido por la norma NCh 146/1 Of 2000.

En tanto los mejores datos obtenidos respecto a la muestra patrón, solo se encuentra la plancha con incorporación de un 10% de agregado de cáscara de almendra triturada, llegando a mejorar en un 5,92%.

6.1.3 –Conclusiones respecto ensayo de resistencia a la humedad

Este ensayo se realiza para ver la posibilidad si la placa de yeso cartón cumple con una del tipo comercial RH (resistente a la humedad).

Los resultados obtenidos en este ensayo no representan valores para que las placas con diferentes integraciones de cáscara de almendra triturada se clasifiquen como resistentes a la humedad (RH). Pero cabe señalar que a medida en que se incorporaba cáscara de almendra triturada, disminuía el porcentaje de absorción de agua.

6.1.4 –Conclusiones respecto ensayo resistencia a la flexión.

En este ensayo sin duda supera las expectativas, ya que se obtienen valores superiores al valor mínimo indicado por la norma NCh 146/1 Of 2000 220 Newton. Esto es muy importante para la investigación ya que, por efectos de la adherencia entre la cáscara de almendra triturada y el yeso, podemos decir que es un material idóneo para integrarlo a una placa de yeso cartón.

Por otro lado, al incrementar el porcentaje de cáscara de almendra triturada, la resistencia a la flexión disminuye en una relación cercana a los 20 (N) por cada 10% de integración de cáscara de almendra, siendo la más desfavorable la placa con un 30% de cáscara de almendra triturada con un 12,96% respecto a la muestra patrón.

Otro análisis descriptivo respecto a este ensayo se refiere a una característica del yeso, ya que este no sufre reacciones químicas que interfieran con el fraguado y la adherencia entre sus componentes. Entonces podemos concluir que el yeso no sufre de reacciones químicas críticas que afecten el comportamiento mecánico de las placas ensayadas.

6.1.5 –Conclusiones respecto ensayo acústico.

Con respecto a este ensayo, se ha obtenido mejorar levemente los resultados con respecto a la muestra patrón, esto es para efecto de la investigación uno de los objetivos más importantes.

De los resultados obtenidos destacan la placa con integración de un 20% de cáscara de almendra triturada con una mejora de un 1,15% respecto a la muestra patrón. En paralelo se realizó un análisis a una placa de tipo comercial que registró un valor de 77,4 dba, logrando una mejora con respecto a los 78 dba entregados por la muestra patrón, pero con una disminución respecto a la placa con integración de un 20% de cáscara de almendra triturada con un valor de 77,1 dba.

6.1.6 –Conclusiones respecto ensayo térmico.

Este ensayo es el más importante, ya gran parte de la justificación de la investigación estaba relacionada con la problemática vigente de la aislación térmica de los hogares, es por ello que los valores obtenidos se consideran como un fundamento para la realización o desarrollo de materiales a partir de residuos de la agroindustria, aplicando una mirada hacia un nuevo tipo de economía, basada en una ingeniería preocupada de las personas y el medio ambiente.

En cuanto a los resultados obtenidos presentan un aumento en las propiedades térmicas de la placa de yeso cartón, este aumento es pequeño, pero sin duda una mejora en sus propiedades térmicas en relación a la muestra patrón. Respecto a la incorporación de cáscara de almendra triturada esta mejora en relación a su porcentaje de incorporación. El resultado es obtenido a través de un diferencial realizado en ambas caras de las placas ensayadas, de este modo se logró obtener porcentajes de mejora de 5,18%, 9% y 11,63% con respecto a la muestra patrón.

Si analizamos este material surge la interrogante sobre nuevas incorporaciones de cáscara de almendra triturada, aumentando su porcentaje de incorporación.

6.1.7 – Conclusiones generales de la investigación.

Se logra concluir que al incorporar cáscara de almendra triturada en una placa de yeso cartón, podemos mejorar las características de la placa, pero con un estudio más riguroso sobre la absorción del agua en el ensayo resistencia a la humedad. Estudiando nuevos componentes para disminuir la absorción, convirtiéndolo así, en un material con propiedades RH (resistente a la humedad).

Sin duda esta investigación puede resultar atractiva para empresas dedicadas a estudiar nuevos componentes para la fabricación de nuevos materiales para la construcción, ya que esta investigación al tener una línea investigativa ecológica y de confort térmico, se estaría ajustando perfectamente con las nuevas estrategias adoptadas por el gobierno en el marco del desarrollo sostenible.

Anexos

1.- Evaluación de costos de la plancha de yeso cartón

Entonces para determinar el precio unitario de cada material, tenemos como variable el precio del material y su dimensión, así con estos valores formamos la primera tabla.

N°	Ítem	unidad	dimensión comercial	valor comercial (\$)	precio unitario(\$)
1.0	Núcleo plancha				
1.1	Yeso	kg	25	5500	220
1.2	Agua	L	1000	1150	1
1.3	Cáscara	kg	20	10000	500
2.0	Envolvente plancha				
2.1	adhesivo papel mural	gr	200	6700	33,5
2.2	cartón gramaje 250 gr/m2	m2	1	550	550
3.0	Moldajes				
3.1	Perfil de acero	m	12	4400	367
3.2	vidrio	cm2	10000	15000	2
4.0	Mano de obra				
4.1	Jornal	hr	160	300000	1875

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De este modo expresamos en la siguiente tabla las cantidades correspondientes para desarrollar una plancha de yeso cartón y cáscara de almendra. Entonces se realiza un análisis de precio unitario, para saber el valor por metro cuadrado de la plancha de yeso cartón. Como son distintas dosificaciones y de diferentes tamaños se representa el P.U de una plancha de 300 x 300 x15 mm (muestra patrón) V/S **300 x 300 x15 mm** Plancha con integración de 30%.

N°	ítem	Unidad	cantidad	P.U(\$)	Total(\$)
1.0	Núcleo placa				
1.1	yeso	Kg	1,985	220	437
1.2	agua	L	1,271	1	1
1.3	cáscara	Kg	0	500	0
2.0	Envolvente plancha				
2.1	adhesivo papel mural	G	0,2	33,5	6,7
2.2	cartón gra 250 gr/m2	m2	0,18	550	99
3.0	Moldajes				
3.1	Perfil de acero	M	1,2	367	306
3.2	vidrio	cm2	900	2	1350
4.0	Mano de obra				
4.1	Jornal	Hr	0,5	1875	938
				Total por placa	3137
				Total m2	34855

N°	ítem	Unidad	cantidad	P.U(\$)	Total(\$)
1.0	Núcleo placa				
1.1	yeso	Kg	1,389	220	306
1.2	agua	L	0,889	1	1
1.3	cáscara	Kg	0,2677	500	133,85
2.0	Envolvente plancha				
2.1	adhesivo papel mural	G	0,2	33,5	6,7
2.2	cartón gra 250 gr/m2	m2	0,18	550	99
3.0	Moldajes				
3.1	Perfil de acero	M	1,2	367	306
3.2	vidrio	cm2	900	2	1350
4.0	Mano de obra				
4.1	Jornal	Hr	0,5	1875	938
				Total por placa	3139
				Total m2	34880

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Notamos un pequeño incremento, pero no es significativo en cuanto a los valores alcanzados.

2.- Control de curado de placas

Tabla N°1: Control de curado de placas 300x300x15mm.

Control placas: ensayo de resistencia a la humedad			
300x300x15 mm			
	Elaboración	Curado en días (d)	Fecha termino
HMP (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
H10 (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
H20 (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
H30 (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
HMP (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
H10 (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
H20 (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
H30 (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
HMP (c)	08-05-2018	10	18-05-2018
H10 (c)	08-05-2018	10	18-05-2018
H20 (c)	08-05-2018	10	18-05-2018
H30 (c)	08-05-2018	10	18-05-2018

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla N°2: Control de curado de placas 300x300x15mm.

Control placas: ensayo resistencia al impacto			
300x300x15 mm			
	Elaboración	Curado en días (d)	Fecha termino
IMP (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
I10 (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
I20 (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
I30 (a)	03-05-2018	10	13-05-2018
IMP (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
I10 (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
I20 (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
I30 (b)	04-05-2018	10	14-05-2018
IMP (c)	08-05-2018	10	18-05-2018
I10 (c)	08-05-2018	10	18-05-2018
I20 (c)	08-05-2018	10	18-05-2018
I30 (c)	08-05-2018	10	18-05-2018

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla N°3: Control de placas 400x300x15mm

Control placas: ensayo resistencia por flexión 400x300x15 mm			
	Elaboración	Curado en días (d)	Fecha termino
FMP(a)	07-05-2018	10	17-05-2018
F10(a)	07-05-2018	10	17-05-2018
F20(a)	07-05-2018	10	17-05-2018
F30(a)	07-05-2018	10	17-05-2018
FMP(b)	10-05-2018	10	20-05-2018
F10(b)	10-05-2018	10	20-05-2018
F20(b)	10-05-2018	10	20-05-2018
F30(b)	10-05-2018	10	20-05-2018
FMP(c)	15-05-2018	10	25-05-2018
F10(c)	15-05-2018	10	25-05-2018
F20(c)	15-05-2018	10	25-05-2018
F30(c)	15-05-2018	10	25-05-2018

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla N°47: Control de placas 650x600x15mm.

Control placas: ensayo acústico 600x650x15 mm			
	Elaboración	Curado en días (d)	Fecha termino
AMP(a)	17-05-2018	10	27-05-2018
A10(a)	17-05-2018	10	27-05-2018
A20(a)	17-05-2018	10	27-05-2018
A30(a)	17-05-2018	10	27-05-2018
AMP(b)	24-05-2018	10	04-06-2018
A10(b)	24-05-2018	10	04-06-2018
A20(b)	24-05-2018	10	04-06-2018
A30(b)	24-05-2018	10	04-06-2018
AMP(c)	25-05-2018	10	05-06-2018
A10(c)	25-05-2018	10	05-06-2018
A20(c)	25-05-2018	10	05-06-2018
A30(c)	25-05-2018	10	05-06-2018

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla N°58: Control de curado de placas 600x650x15mm.

Control placas: ensayo térmico			
600x650x15 mm			
	Elaboración	Curado en días (d)	Fecha termino
TMP(a)	18-05-2018	10	28-05-2018
T10(a)	18-05-2018	10	28-05-2018
T20(a)	18-05-2018	10	28-05-2018
T30(a)	18-05-2018	10	28-05-2018
TMP(b)	23-05-2018	10	03-06-2018
T10(b)	23-05-2018	10	03-06-2018
T20(b)	23-05-2018	10	03-06-2018
T30(b)	23-05-2018	10	03-06-2018
TMP(c)	27-05-2018	10	07-06-2018
T10(c)	27-05-2018	10	07-06-2018
T20(c)	27-05-2018	10	07-06-2018
T30(c)	27-05-2018	10	07-06-2018

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Bibliografía

- Ashby, M.F. (2001). Drivers for material development in the 21st century. *Prog. Mater. Sci.*, 46, 191-199. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6425\(00\)00014-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6425(00)00014-1).
- Bustos, Arturo. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos (cáscara de almendra) para sustitución de árido grueso en la elaboración de hormigón convencional = Use of organic waste (almond Shell) to replace coarse aggregate in conventional concrete processing. *Anales de Edificación*, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 1-8, dic. 2016. ISSN 2444-1309. Disponible en: http://polired.upm.es/index.php/anales_de_edificacion/article/view/3465.
- CAMPOS, J.P.R. 2008. Determinación de línea base "Anual" Para la evaluación de la inversión en eficiencia energética en el sector residencial invierno 2007 - Verano 2008. In PROYECTO FOMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (CNE/GTZ). Santiago de Chile, 2008.
- CONAMA (2010). Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile.
- Demir, I. (2008). Effect of organic residues additon on the technological propertes of clay bricks. *Waste Manag.*, 28, 622-627. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2007.03.019>.
- Díaz- Guerra Pérez, Jorge, Junio 2009, Influencia del soporte en la Adherencia del revestimiento continuo a base de yeso. Trabajo fin de máster, técnicas y sistemas de edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Alumno: Tutor: Dr. Mariano González Cortina.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Dirección de Estadísticas. (FAOSTAT). Producción mundial de cultivos 2013. <http://www.faostat.fao.org>
- García Figuereo, July Altagracia, 2011. GAR INC.CD. Incorporación de la cascara de mejillón en el yeso y el mortero, recurso electrónico, Master en técnicas y sistemas de edificación Universidad Politécnica de Madrid. Tutor: Dr. Mariano González Cortina.
- González, J. (2008). Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerado con yeso o escayola para uso en la construcción. Universidad de Guadalajara, departamento de Proyectos de Ingeniería, Mexico.
- Gregorová, E., Pabst, W., & Bohaňenko, I. (2006). Characterization of diferent starch types for their application in ceramic processing”, *J. Eur. C era m. Soc .*, 2 6, 1301-1309. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2005.02.015>.

- Hatt, Tobias, Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad Del Bio-Bio, “El Estándar Passivhaus En El Centro-Sur De Chile”, 2012.
- IQonsulting, 2016. “Agregación De Valor De Frutos Secos, Nueces Y Almendras”, Ministerio de Agricultura, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile.
- Lazo, M. (2014). “Influencia De La Adición De PET Reciclado Sobre Las Propiedades Mecánicas De Planchas De Yeso Cartón” Universidad De Valparaíso, Escuela De Construcción Civil, Valparaíso, Chile.
- Lemeshev, V.G., Petrov, S.V., & Lemesev, O.V. (2001). Utilization of technogenic products in production of ceramic building materials. *Glass Ceram.*, 58, 93-96. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010943314294>.
- López, G. G. (2007). “Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares: (especies silvestres y las cultivadas más comunes),” Mundi-Prensa, Madrid, España.
- L Bellido, M Ferreira, R Bosqued, S Rodriguez, 2015. Colección GAT 19, Rehabilitación, GAT 19/2 “La envolvente en la rehabilitación.
- Marte, M.R. (2011). “Utilización De La Cáscara De Nuez Chandler En El Yeso”. Universidad Politécnica De Madrid, Escuela Universitaria De Arquitectura Técnica. Tutor: Dr. Mariano González Cortina.
- Martínez, A. (2014). “Estudio de la aplicación de la teoría Cradle to Cradle al prototipo eBRICKhouse de equipo VIA-UJI para competición SDE 2014” Universitat Jaume I, Escola Superior De Tecnologia I Ciències Experimentals, Castellón, España.
- Mas, J. (2015). “Escenario Económico y Perspectivas Para El Sector Construcción”, Cámara Chilena De La Construcción.
- Mayr J. (2009). Ciudades y Contaminación Ambiental, *Revista de Ingeniería* (30): 66-71.
- Montero, R. F. (1993). “Caracterización Morfológica Del Almendro,” Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Producción Vegetal y Tecnológica Agraria, Murcia, España.
- Noé, A. (2014). Caracterización física y mecánica de placas de yeso cartón aligeradas con residuos de EPS y reforzadas con fibras PET provenientes de reciclajes.pdf. Universidad de Valparaíso, Escuela de Construcción Civil, Valparaíso, Chile.

- Nohier Marc, 1986. EL YESO, UN MATERIAL APROPIADO PARA UNA CONSTRUCCION BARATA, (Gypsum, an appropriate material for low cost housing), Traducción y adaptación Julia Mallart. IETcc/CSIS.
<http://Informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>
- Novo de Miguel Luciano. España, Ediciones CEAC, S.A.-1970 El yeso en la construcción. impreso en España, Barcelona.
- Pacheco, Rolando, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, Universidad Austral De Chile, “Tipos, Caracterización y Forma De Uso De Materiales De Terminación Para Muros Interiores”, 2004.
- Powell J. (2006). Bungalow detail interior. Utah. Gibbs Smith. 216 p.
- Romero R, Nathaly, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento De Ingeniería Civil, Universidad De Chile, “Consumo De Energía A Nivel Residencial En Chile Y Análisis De Eficiencia Energética En Calefacción”, 2011.
- Thollander, M. (2015). Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de Mortero de Estuco con Agregado de Cáscara de Arroz Maximiliano Andre Thollander Arza Prof . Guía : Andrés Jamet Aguilar.
- Villanueva Domínguez, Luis y García Santos, Alfonso. Manual del yeso. Departamento de construcción y tecnología arquitectónica UPM, CIE inversiones editoriales abril 2001 España ISBN: 84-95312-46-8.
- Villanueva L., Lasheras F., Del Rio M. y Hernandez-Olivares F. (1994). Modelo matemático del comportamiento mecánico en flexión del yeso- cartón. Informes de la Construcción 45 (430): 2-9.
- WATINE, Xavier, Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), Universidad Pontificia Comillas, “Gestión Térmica de una Vivienda con Mínimo Consumo en Energía”, 2007.
- Zavala-Ramírez, J.J., García-Rodríguez, F.J., Carrillo-Rodríguez, H., Navarrete-Damián, J., Hernández-Zaragoza, J.B., & López-Lara, T. (2015). Uso de residuos agroindustriales para la estabilización de adobes. En Martínez Barrera, G., Hernández Zaragoza, J.B., López Lara, T., & Menchaca Campos, C. (Eds.). Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción. Barcelona, España: OmniaScience. pp. 11-30.

