



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**INFORME N° 41-2024-UNACH/UI/MAST**

**A** : **Dra. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta.**  
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

**ASUNTO** : Constancia de Originalidad de Turnitin de ANDER RONAL IRIGOÍN CIEZA.

**FECHA** : Colpa Matara, 12 de diciembre del 2024.

**REFERENCIA:** i) Envío de tesis en digital en su versión final  
ii) INFORME N° 051-2024-UNACH/MGHT / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.  
iii) INFORME N° 002-2024-UNACH/CEBN-JE / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.  
iv) Carta N°089-2024-UNACH-LON/JT / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: “**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ**”, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **ANDER RONAL IRIGOÍN CIEZA**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
R.A.M.P. N° 15752

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 12 de diciembre del 2024.

C.O. N° 41-2024-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **ANDER RONAL IRIGOÍN CIEZA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 8% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.




Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

# ANDER RONAL IRIGOÍN CIEZA

## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ

-  INFORME FINAL DE TESIS ESTUDIANTES
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2024
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3092685863

Fecha de entrega

25 nov 2024, 12:40 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 dic 2024, 6:24 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Observ.Inf.Final.Tesis.Ander.Irigoin.21.08.24.docx

Tamaño de archivo

16.5 MB

130 Páginas

29,184 Palabras

152,895 Caracteres




# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	1%
2	Internet	hdl.handle.net	1%
3	Internet	repositorio.uta.edu.ec	1%
4	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	1%
5	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	0%
6	Internet	unach.edu.pe	0%
7	Internet	es.scribd.com	0%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	0%
9	Internet	kupdf.net	0%
10	Trabajos del estudiante	upeu	0%
11	Internet	vsip.info	0%

12	Internet	www.grafiati.com	0%
13	Internet	repositorio.upn.edu.pe	0%
14	Internet	carpintec.com.pe	0%
15	Internet	prezi.com	0%
16	Trabajos del estudiante	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente	0%
17	Trabajos del estudiante	Universidad del Valle de Guatemala	0%
18	Internet	www.acae.es	0%
19	Internet	repositorio.unc.edu.pe	0%
20	Internet	www.coursehero.com	0%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Trujillo	0%
22	Publicación	Lilia Señas, Carla Priano, Silvina Marfil. "Influence of recycled aggregates on prop...	0%
23	Publicación	Mouatassim Charai, Mohamed Oualid Mghazli, Salaheddine Channouf, Aboubakr ...	0%
24	Internet	dipaz1.wixsite.com	0%
25	Internet	html.rincondelvago.com	0%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín	0%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Internacional SEK	0%
28	Trabajos del estudiante	Colegio San Patricio	0%
29	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC	0%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	0%
31	Internet	doczz.es	0%
32	Internet	es.slideshare.net	0%
33	Internet	muckrack.com	0%
34	Internet	repairkorea.com.ar	0%
35	Internet	repositorio.uide.edu.ec	0%
36	Internet	www.eticayempresa.com	0%
37	Trabajos del estudiante	97488	0%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	0%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Carlos III de Madrid - EUR	0%

40	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
41	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	0%
42	Internet	repositorio.uchile.cl	0%
43	Internet	steemit.com	0%
44	Internet	www.techscience.com	0%
45	Publicación	Mercedes del Rio Merino, Carlos Gómez Moreira, Paola Villoria Sáez. "Mechanical ...	0%
46	Internet	etex.com.co	0%
47	Internet	nanopdf.com	0%
48	Internet	repositorio.unicesmag.edu.co:8080	0%
49	Internet	www.buenastareas.com	0%
50	Internet	www.juntadeandalucia.es	0%
51	Internet	www.meyle.com	0%
52	Publicación	Óscar Omar Gonzales Zurita. "Multi-objective Control on Inverter-Based Microgri...	0%
53	Internet	KARLA MAZARELO MACIEL PACHECO. "Estudio de la prospección del uso de la fibr...	0%

54	Internet	cdn.atenaeditora.com.br	0%
55	Internet	diariomedico.recoletos.es	0%
56	Internet	elcometer.be	0%
57	Internet	issuu.com	0%
58	Internet	patents.google.com	0%
59	Internet	repositorio.unicauca.edu.co:8080	0%
60	Internet	riunet.upv.es	0%
61	Internet	westbrand.nl	0%
62	Internet	www.clubensayos.com	0%
63	Internet	www.scielo.org.mx	0%
64	Internet	www.slideshare.net	0%
65	Internet	www.theinsightpartners.com	0%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL PANEL  
DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE  
PANCA DE MAÍZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

**ANDER RONAL IRIGOÍN CIEZA**

**Asesor: Mg. Ing. EDWAR CIEZA SÁNCHEZ**

**Línea de investigación: MATERIALES TRADICIONALES Y NUEVOS**

**MATERIALES**

**Chota – Perú**

**2025**



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: IRIGOÍN CIEZA ANDER RONAL

Código del alumno: **2015051023**

Correo electrónico: [androicieza@gmail.com](mailto:androicieza@gmail.com)

Teléfono: 925370319

DNI: 76938300

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

"CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: CIEZA SÁNCHEZ EDWAR

Correo electrónico: [Edwarcs\\_2014@hotmail.com](mailto:Edwarcs_2014@hotmail.com)

Teléfono: 972698285

D.N.I.: 45795431

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: \_\_\_\_\_

DNI: 76938300

Fecha, Chota 19 de septiembre 2025.

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL PANEL  
DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE  
PANCA DE MAÍZ**

**POR:**

**ANDER RONAL IRIGOÍN CIEZA**

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la  
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

**de**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

  
-----  
**Dra. Martha Gladys Huamán Tanta**

**PRESIDENTE**

  
-----  
**Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez**

**SECRETARIO**

  
-----  
**Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro**

**VOCAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del Campus Universitario - Colpamatara, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por el Bachiller: **Ander Ronal Irigoín Cieza**, denominada: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO- MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ”**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:


Aprobado con mención honrosa

CON EL CALIFICATIVO (\*)

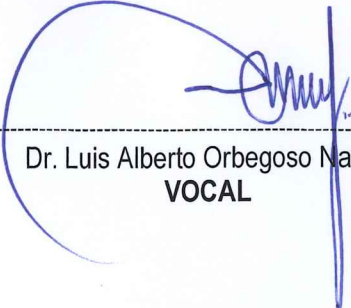
15 (Quince)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 21 de enero del 2025.

  
Dra. Martha Gladys Huamán Tanta  
**PRESIDENTE**

  
Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez  
**SECRETARIO**

  
Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro  
**VOCAL**

  
Dr. Edwar Cieza Sánchez  
**ASESOR**

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ”**; presentado por el Bachiller: **Ander Ronal Irigoín Cieza**, sustentada el día 21 de enero del 2025, según Resolución de Coordinación N°016-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 29 de enero del 2025.

Dra. Martha Gladys Huamán Tanta  
**PRESIDENTE**

Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez  
**SECRETARIO**

Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro  
**VOCAL**

Dr. Edwar Cieza Sánchez.  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

¡A Dios, nuestro creador!

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo y comprensión durante todo este proceso de investigación. Su confianza y aliento fueron fundamentales para lograr alcanzar este objetivo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez, mi asesor, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación en la dirección de esta investigación. Su experiencia y conocimientos contribuyeron significativamente en el desarrollo del proyecto.

Agradezco también a todos los profesores y docentes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por brindarme las herramientas necesarias para formarme como profesional y por su apoyo en esta investigación.

No puedo dejar de mencionar a los habitantes del centro poblado de Cañafisto y El Campamento del distrito de Chota, quienes generosamente proporcionaron las fibras de panca de maíz utilizadas en esta investigación. Su colaboración fue fundamental para el éxito de este estudio.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una u otra forma, contribuyeron en el desarrollo de esta investigación y en mi crecimiento personal y profesional durante este tiempo. Su apoyo fue fundamental en cada etapa de este proceso.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xxv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxvi</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>27</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>31</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>31</b>
<b>1.4. Delimitación de la investigación.....</b>	<b>32</b>
<b>1.5. Limitaciones.....</b>	<b>34</b>
<b>1.6. Objetivos .....</b>	<b>34</b>
1.6.1. Objetivo general.....	34
1.6.2. Objetivos específicos .....	35
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>36</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	36
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	41
2.1.3. Antecedentes regionales .....	43
<b>2.2. Bases teórico – científicas .....</b>	<b>45</b>
2.2.1. Teoría de los materiales compuestos .....	45
2.2.2. Aditivos naturales (fibras vegetales) en la construcción .....	47
2.2.3. Mecánica de materiales (Resistencia a flexión en paneles de yeso).....	49
<b>2.3. Marco conceptual .....</b>	<b>51</b>
2.3.1. Fibras vegetales .....	51
2.3.2. Propiedades físicas de las fibras vegetales .....	52
2.3.3. Panca de maíz .....	53
2.3.4. Fibras de panca de maíz.....	54
2.3.5. Paneles drywall .....	55
2.3.6. Materiales para producir paneles drywall.....	59
2.3.7. Diseño de mezcla .....	66

2.3.8. Proceso de fabricación de paneles drywall .....	67
2.3.9. Propiedades físicas en paneles prefabricados .....	69
2.3.10. Propiedades mecánicas en paneles prefabricados (Resistencia a la flexión).....	70
2.3.11. Requerimientos técnicos de los paneles de yeso(NTP 334.185) .....	71
<b>2.4. Hipótesis .....</b>	<b>74</b>
<b>2.5. Operacionalización de variables .....</b>	<b>74</b>
2.5.1. Variable independiente Fibras de panca de maíz .....	74
2.5.2. Variable dependiente: Paneles drywall de yeso.....	74
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>76</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>76</b>
<b>3.2. Diseño de investigación .....</b>	<b>77</b>
<b>3.3. Métodos de investigación.....</b>	<b>79</b>
<b>3.4. Población, muestra y muestreo .....</b>	<b>80</b>
3.4.1. Población .....	80
3.4.2. Muestreo .....	80
3.4.3. Muestra .....	81
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>82</b>
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	82
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos .....	83
<b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>85</b>
3.6.1. Proceso de obtención de los datos .....	85
3.6.2. Procesamiento de datos.....	110
3.6.3. Análisis de datos .....	111
<b>3.7. Aspectos éticos .....</b>	<b>111</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>113</b>
<b>4.1. Descripción de resultados .....</b>	<b>113</b>
4.1.1. Características físicas de las fibras de panca de maíz.....	113
4.1.2. Características físicas de los paneles drywall con fibras de panca de maíz .....	115
4.1.3. Características mecánicas de los paneles drywall con fibras de panca de maíz	123
4.1.4. Comparación de los paneles drywall con fibras de panca de maíz.....	128

<b>4.2. Contrastación de hipótesis.....</b>	<b>134</b>
<b>4.3. Discusión de resultados.....</b>	<b>138</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>144</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>144</b>
<b>5.2. Recomendaciones y/o sugerencias .....</b>	<b>146</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>147</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>157</b>
Anexo A. Matriz de consistencia.....	157
Anexo B. Viviendas en construcción o remodelación en la ciudad de Chota.....	158
Anexo C. Aplicación de cuestionario para identificar el interés en la adquisición de paneles drywall.....	159
Anexo D. Fichas técnicas .....	162
Anexo E. Panel fotográfico .....	164
Anexo F. Análisis del costo de producción de paneles de yeso con fibras de panca de maíz .....	174
Anexo G. Ensayos de laboratorio .....	180

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición Química de la Panca de Maíz.....	53
<b>Tabla 2.</b> Límites Permisibles para Agua de Mezcla y Curado .....	65
<b>Tabla 3</b> Variación dimensional de Placas de Yeso.....	72
<b>Tabla 4</b> Carga de Rotura a Flexión de Placas de Yeso Laminado.....	72
<b>Tabla 5</b> Clases de Absorción de Agua de Placas de Yeso Laminado.....	73
<b>Tabla 6</b> Propiedades Físicas de Placas de Yeso Laminado .....	73
<b>Tabla 7</b> Matriz de Operacionalización de Variables .....	75
<b>Tabla 8</b> Tipos de Investigación .....	77
<b>Tabla 9</b> Resumen del Diseño Muestral.....	80
<b>Tabla 10</b> Número de Paneles de Yeso.....	81
<b>Tabla 11</b> Ubicación de las Chacras con Panca de Maíz en Chota.....	86
<b>Tabla 12</b> Características del Yeso .....	95
<b>Tabla 13</b> Dosificaciones de Materiales para la Producción de Paneles.....	96
<b>Tabla 14</b> Cuantía de Materiales (kg) para la Producción de Paneles de 50x20x1.5 cm.....	96
<b>Tabla 15</b> Propiedades Físico Mecánicas de los Paneles Comerciales .....	109
<b>Tabla 16</b> Características Físicas de las Fibras de Panca de Maíz.....	114
<b>Tabla 17</b> Variación Dimensional del Largo (mm) de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	116
<b>Tabla 18</b> Variación Dimensional del Ancho (mm) de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	116
<b>Tabla 19</b> Variación Dimensional del Espesor (mm) de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	116
<b>Tabla 20</b> Densidad de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz .....	118
<b>Tabla 21</b> Peso de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	119
<b>Tabla 22</b> Absorción de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	122
<b>Tabla 23</b> Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz .....	127
<b>Tabla 24</b> Propiedades de los Paneles de Yeso con Fibras de Panca de Maíz.....	130
<b>Tabla 25</b> Comparación entre las Propiedades Físico Mecánicas de los Paneles Comerciales y los Paneles con 7% de Fibras de Panca de Maíz.....	132
<b>Tabla 26</b> Costo de los Paneles con Fibras de Panca de Maíz .....	133
<b>Tabla 27</b> Datos (Propiedades de los Paneles de Yeso con Fibras de Panca de Maíz) Utilizados para el Análisis Estadístico .....	135

<b>Tabla 28</b> Análisis Estadístico T-Student de los Paneles de Yeso con Fibras de Panca de Maíz .....	135
<b>Tabla 29</b> Correlación de Pearson de las Propiedades Físico Mecánicas de los Paneles de Yeso y el Porcentaje de Fibras de Panca de Maíz .....	136
<b>Tabla 30</b> Descripción de las Viviendas que Usan Paneles Drywall en Chota del 1 al 15 de marzo: 2021.....	158
<b>Tabla 31</b> Resultados de la Encuesta sobre Paneles de Yeso con Fibra de Panca de Maíz .....	160
<b>Tabla 32</b> Costo Unitario de la Fibra de Panca de Maíz Morocho .....	175
<b>Tabla 33</b> Dosificaciones de Materiales para la Producción de Paneles.....	176
<b>Tabla 34</b> Dosificación de Materiales Estimado para Paneles de 1.22 x 2.44 sin Corrección por Exceso .....	176
<b>Tabla 35</b> Dosificación de Materiales Corregidos para 1 Panel Drywall de 1.22 x 2.44.....	177
<b>Tabla 36</b> Costo Unitario de 1 Panel de 1.22 x 2.44 m con 5% de Fibras de Panca de Maíz... 177	
<b>Tabla 37</b> Costo Unitario de 1 Panel de 1.22 x 2.44 m con 7% de Fibras de Panca de Maíz... 178	
<b>Tabla 38</b> Costo Unitario de 1 Panel de 1.22 x 2.44 m con 10% de Fibras de Panca de Maíz. 178	
<b>Tabla 39</b> Comparación Económica de los Paneles de 1.22 x 2.44 m .....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Uso de Paneles Drywall en Chota .....	30
<b>Figura 2</b> Clasificación de Materiales Compuestos según Tipo de Refuerzo.....	46
<b>Figura 3</b> Clasificación de Fibras Naturales .....	47
<b>Figura 4</b> Fibras Vegetales Comunes .....	48
<b>Figura 5</b> Propiedades Mecánicas de los Materiales Compuestos.....	50
<b>Figura 6</b> Diferencia en el aspecto de las fibras a) sin lubricación y b) con lubricación.....	51
<b>Figura 7</b> Paneles Drywall.....	55
<b>Figura 8</b> Componentes de Paneles Drywall .....	56
<b>Figura 9</b> Tipos de yeso.....	60
<b>Figura 10</b> Proceso de fabricación del yeso.....	61
<b>Figura 11.</b> Proceso de Fabricación de Paneles Drywall.....	68
<b>Figura 12</b> Diseño de Investigación: Descriptivo Causal Simple.....	78
<b>Figura 13</b> Procedimiento de Obtención de Datos Aplicando el Método de Investigación Lógico Deductivo.....	79
<b>Figura 14</b> Ubicación de la Ciudad de Chota .....	80
<b>Figura 15</b> Dimensiones del Panel Drywall.....	81
<b>Figura 16</b> Ubicación de las Chacras con Panca de Maíz en Chota .....	85
<b>Figura 17</b> Proceso de Secado y Cortado de las Pancas de Maíz .....	87
<b>Figura 18</b> Proceso de Trituración de las Pancas de Maíz.....	87
<b>Figura 19</b> Material Molido de las Pancas de Maíz: Fibras.....	88
<b>Figura 20</b> Análisis Granulométrico de las Fibras de Panca de Maíz.....	90
<b>Figura 21</b> Pesado de las Cantidades Retenidas en las Mallas .....	90
<b>Figura 22</b> Proceso de Realización del Ensayo de Peso específico de la Panca de Maíz.....	91
<b>Figura 23</b> Muestra de Panca de Maíz Durante el Ensayo de Peso Específico .....	92
<b>Figura 24</b> Contenido de Humedad de las Fibras de Panca de Maíz y el Yeso.....	92
<b>Figura 25</b> Ensayo de Peso Específico del Yeso .....	94
<b>Figura 26</b> Estado Saturado Superficialmente Seco del Yeso .....	94
<b>Figura 27</b> Curva Granulométrica del Yeso .....	95
<b>Figura 28</b> Cálculo del Diseño de Mezclas por Parte del Tesista.....	96
<b>Figura 29</b> Moldes de 15x20x1.5 cm de Madera.....	97
<b>Figura 30</b> Vista de los Moldes de Madera para Paneles de Yeso.....	97
<b>Figura 31</b> Silicato de Sodio Utilizado para Mineralizar las Fibras de Panca de Maíz y Hacerle Resistente a Agentes Externos como Microorganismos .....	98
<b>Figura 32</b> Cola Sintética para Unir las Fibras con Mayor Facilidad.....	98
<b>Figura 33</b> Mezclado de la Cola Sintética y Silicato de Sodio en Agua.....	99

<b>Figura 34</b>	Fibras Mezclado con la Solución de Silicato y Cola Sintética .....	99
<b>Figura 35</b>	Mezcla del Yeso con las Fibras de Panca de Maíz Previo al Vertimiento de Agua	100
<b>Figura 36</b>	Colocación de la mezcla en el Molde .....	101
<b>Figura 37</b>	Vaciado de la Mezcla en los Moldes para su Chuseado y Compactación .....	101
<b>Figura 38</b>	Paneles Producidos con Fibras al 5% .....	101
<b>Figura 39</b>	Ensayo de Resistencia a la Flexión en los Paneles de Yeso .....	103
<b>Figura 40</b>	Máquina Universal para Ensayo de Flexión .....	103
<b>Figura 41</b>	Colocación del Panel de Yeso en la Máquina de Rotura a Flexión .....	104
<b>Figura 42</b>	Registro de Carga de Rotura del Ensayo a Flexión .....	104
<b>Figura 43</b>	Ensayo de Absorción en Muestras Sumergidas en Agua.....	105
<b>Figura 44</b>	Paneles de Yeso Sumergidos en Agua para el Ensayo de Absorción.....	106
<b>Figura 45</b>	Pesado de los Paneles de Yeso en Estado Húmedo .....	106
<b>Figura 46</b>	Ensayo de Densidad en los Paneles de Yeso .....	107
<b>Figura 47</b>	Pesado de los Paneles de Yeso .....	107
<b>Figura 48</b>	Toma de Medidas para el Ensayo de Variación Dimensional .....	108
<b>Figura 49</b>	Panel Comercial Adquirido y Cortado Conforme a Norma para Realizar los Respectivos Ensayos de Laboratorio.....	110
<b>Figura 50</b>	Ensayo de Flexión en Paneles Comerciales.....	110
<b>Figura 51</b>	Curva Granulométrica de la Fibra de Panca de Maíz .....	114
<b>Figura 52</b>	Comparación de la Gradación de la Fibra de Panca de Maíz con el Huso Granulométrico del Árido Fino .....	114
<b>Figura 53</b>	Variación Dimensional de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	115
<b>Figura 54</b>	Densidad de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz.....	118
<b>Figura 55</b>	Peso de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz .....	119
<b>Figura 56</b>	Absorción de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz .....	123
<b>Figura 57</b>	Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz .....	127
<b>Figura 58</b>	Dosificación Adecuada de Fibras de Panca de Maíz en Relación a la Absorción y Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles Drywall.....	128
<b>Figura 59</b>	Costo de los Paneles con Fibras de Panca de Maíz .....	133
<b>Figura 60</b>	Correlación de Pearson .....	136
<b>Figura 61</b>	Regresión entre el Porcentaje de Fibras de Panca de Maíz y la Absorción de los Paneles de Yeso.....	137
<b>Figura 62</b>	Regresión entre el Porcentaje de Fibras de Panca de Maíz y el Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles de Yeso .....	137
<b>Figura 63</b>	Comparación Económica de los Paneles de 1.22 x 2.44 m .....	179

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Fibras.** Son delgados filamentos o hebras que se encuentran en ciertos materiales, como el algodón, la lana o el vidrio. Las fibras pueden ser utilizadas para crear hilos, telas u otros productos textiles (Velásquez et al., 2016).

**Fibras de maíz.** Son fibras vegetales provenientes del maíz. Estas fibras se extraen de la parte externa del maíz y pueden ser utilizadas en la fabricación de productos biodegradables (Briones & Tomalá, 2023).

**Maíz.** Es una planta gramínea de origen americano, ampliamente cultivada y consumida en todo el mundo. El maíz es utilizado tanto en la alimentación humana como en la alimentación animal, y puede ser procesado para obtener diferentes productos como harina, aceite o palomitas de maíz (Acosta, 2009).

**Paneles Drywal.** Son elementos constructivos utilizados para la creación de paredes y techos. Estos paneles están compuestos por una lámina de yeso entre dos capas de papel o cartón, lo que les confiere resistencia y flexibilidad. Los paneles de drywall son ampliamente utilizados en la construcción por su facilidad de instalación y versatilidad (Rueda & Vega, 2021).

**Panca de maíz.** La panca del maíz es extraída de la recolección de las mazorcas, arrancándolas de la planta, al separar su envoltura o, la cual es llamada “panca”. Es una variedad de asiento o bancada elaborada a partir del maíz. La panca de maíz puede ser elaborada con fibras, tallos o partes de la planta de maíz, y puede ser utilizada como elemento de reforzamiento en la construcción (Vargas & Thaquima, 2019).

**Yeso.** Es un mineral compuesto principalmente por sulfato de calcio hidratado. El yeso es utilizado en la construcción como material para el acabado de paredes y techos, ya sea en forma de paneles, revestimientos o como pasta para el enlucido. Además, el yeso también se utiliza en la fabricación de escayola, moldes o estatuas (De Villanueva, 2004).

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz, con la finalidad de verificar si cumple con los requisitos técnicos establecidos en la NTP 334.185 (INACAL, 2020). La muestra estuvo conformada por 36 paneles Drywall de dimensiones en largo, ancho y espesor de 500 mm x 200 mm x 15 mm producidos con adición de fibras de panca de maíz al 5%, 7% y 10% del peso del yeso comercial, combinado con silicato de sodio comercial, cola sintética comercial. La metodología de enfoque cuantitativo consistió en el diseño del experimento por medio de la producción de paneles con fibras de panca de maíz que se han analizado a variación dimensional, absorción, densidad, peso, resistencia a la flexión. Determinando que, a mayor porcentaje de fibras de panca de maíz 5%, 7% y 10% respectivamente, mayor variación dimensional (0.33, 0.67 y 0.67 mm), menor densidad (1.10, 0.90 y 0.89 g/cm<sup>3</sup>) y menor peso (4.99, 4.39 y 4.35 kg), siendo favorable para la estabilidad física del panel de yeso. No obstante, si bien la absorción disminuye a mayor porcentaje de fibras de panca de maíz 5%, 7% y 10% respectivamente (23.61%, 18.50% y 23.15%); la resistencia a flexión se acrecienta (76.07, 233.67 y 99.82 N/cm<sup>2</sup>), pero esto cambia si los porcentajes de adición superan el 7%, por ello, se considera a esta la dosificación técnicamente más idónea, aun cuando el módulo de resistencia a flexión obtenido es menor a 250 N/cm<sup>2</sup>. Se concluye que, los paneles con adición de fibras de panca de maíz tienen características físicas adecuadas, pero no alcanzan la capacidad mecánica recomendada en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**Palabras clave:** Módulo de resistencia a flexión, absorción, densidad, fibras vegetales.

## ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the physical-mechanical characteristics of gypsum drywall panels with the addition of corn stover fibers, in order to verify if they comply with the technical requirements established in NTP 334.185 (INACAL, 2020). The sample consisted of 36 Drywall panels with dimensions in length, width and thickness of 500 mm x 200 mm x 15 mm produced with the addition of corn stover fibers at 5%, 7% and 10% of the weight of commercial gypsum, combined with commercial sodium silicate and commercial synthetic glue. The methodology of quantitative approach consisted in the design of the experiment by means of the production of panels with corn stover fibers that have been analyzed for dimensional variation, absorption, density, weight, flexural strength. Determining that, the higher the percentage of corn stover fibers 5%, 7% and 10% respectively, the higher the dimensional variation (0.33, 0.67 and 0.67 mm), the lower the density (1.10, 0.90 and 0.89 g/cm<sup>3</sup>) and the lower the weight (4.99, 4.39 and 4.35 kg), being favorable for the physical stability of the gypsum panel. However, although the absorption decreases with higher percentages of corn stover fibers 5%, 7% and 10% respectively (23.61%, 18.50% and 23.15%); the flexural strength increases (76.07, 233.67 and 99.82 N/cm<sup>2</sup>), this changes if the addition percentages exceed 7%, therefore, this is considered the most technically suitable dosage, even when the flexural strength modulus obtained is less than 250 N/cm<sup>2</sup>. It is concluded that the panels with the addition of corn stover fibers have adequate physical characteristics, but do not reach the mechanical capacity recommended in NTP 334.185 (INACAL, 2020).

Key words: flexural strength modulus, absorption, density, vegetable fibers.

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La industria de la construcción es responsable de un tercio de las emisiones totales de carbono en el mundo (Quintana-Gallardo et al., 2020), siendo en gran parte responsabilidad de los materiales de construcción que provienen de fuentes no renovables (Chen et al., 2022). Por ello, en la actualidad se busca encontrar materiales con un menor impacto en el medio ambiente, por medio de la adición de una base biológica, sin embargo, esta transición es un proceso complejo, debido a que los materiales de construcción tienen que cumplir ciertas características físicas y mecánicas que den seguridad para su uso estructural (Quintana-Gallardo et al., 2020).

Los paneles son productos prometedores, que están formados típicamente por un marco, dos placas de yeso y un absorbente acústico (Geng et al., 2021), sin embargo, su componente principal “Yeso”, se fabrica a partir de rocas que contienen sulfato de calcio hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que son minerales no renovables extraídos de canteras (Quintana-Gallardo et al., 2020), por tanto, para lograr un menor consumo energético es necesario mejorar sus características combinándolo con materiales orgánicos, que garanticen la sustentabilidad de su uso en las edificaciones (Geng et al., 2021).

En el país, las construcciones de la última década han optado por el uso del sistema drywall (placa de yeso laminada) por los beneficios estructurales, resistencia al fuego, absorción acústica, fácil instalación y poca ocupación de espacio al dividir ambientes en las edificaciones (Patil et al., 2023); lo que ha incrementado la demanda externa e interna de paneles, según Veritrade (2023) el

monto importado en 2019 ascendía a \$ 2 269 449, pero en el 2022 alcanzó la suma de \$ 2 813 722, así mismo, también, se incrementaron las exportaciones de \$ 23,693 en el año 2019 a \$ 32 253 en el año 2022. Siendo así, se ha abierto la posibilidad al desarrollo industrial local, con fabricas artesanales e industriales peruanas dedicadas a la elaboración de paneles de yeso (Carrasco & Peña, 2023), pero cuyo uso se limita al cumplimiento de los requisitos técnicos dados en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

En la ciudad de Chota, el producto de mayor uso para la construcción de muros externos e internos es la unidad de albañilería (MPCH, 2018), pero su proceso constructivo demanda de al menos dos operadores y un peón (Burga, 2022), mientras que la instalación de paneles drywall tipo A, H o E, con ancho entre 400 a 1200 mm, largo de 1200 mm a 2000 mm y espesores entre 9.5 mm a 12.5 mm, solo requieren la presencia de un operario y un peón. Sumado a esto la albañilería ya sea en asentado de sogá (15 cm) o de cabeza (25 cm), ocupa un mayor espesor que los paneles (Hasta 10 cm en sistema armado). Además, los paneles pueden ser desinstalados y vueltos a instalar de otra forma, para cambiar o modificar espacios, mientras que los ladrillos una vez asentados no pueden ser simplemente desinstalados y cambiados de lugar, sino tienen que ser demolidos (Álvarez, 2022).

Estas y otros beneficios del uso de paneles drywall, ha llevado a que, de 10 edificaciones de la ciudad de Chota, en remodelación durante el mes de marzo del año 2021, elegidas al azar, seis hayan optado por utilizar paneles drywall para división de espacios interiores, de ancho y largo promedio de 900 mm y 1800 mm respectivamente (ver Anexo B), adquiriendo dicho producto por medio de ferreterías locales. No obstante, puede remplazarse este producto industrial a nivel

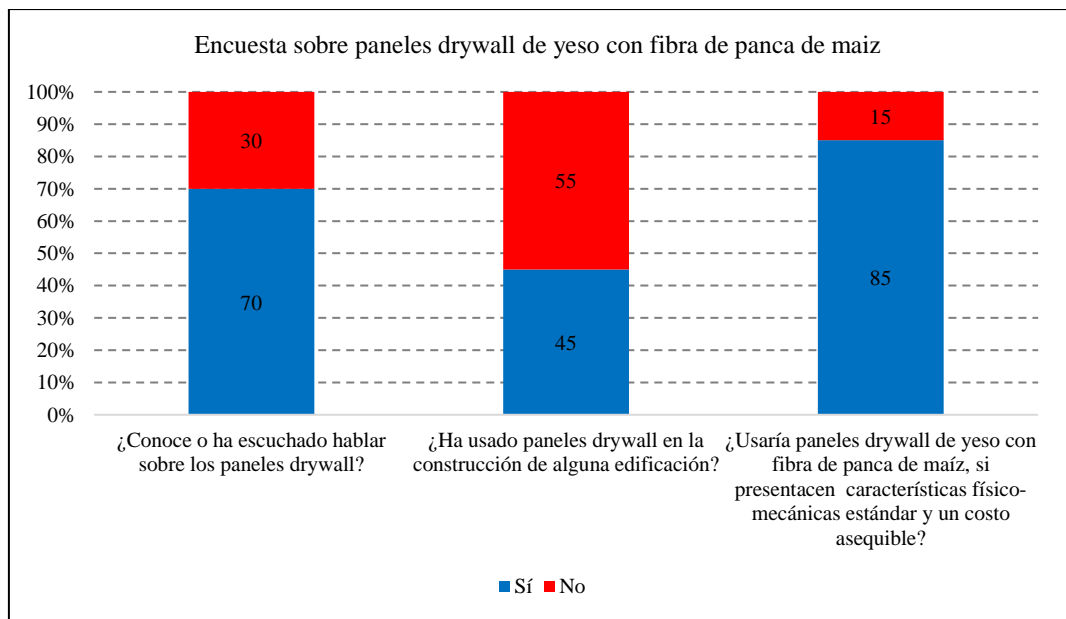
local por paneles artesanales que usen una base biológica formada por residuos agrícolas de gran oferta y demanda, como el maíz (MPCH, 2018), para su uso en la elaboración de paneles, siempre y cuando cumplan con los estándares de calidad dados en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

El maíz es el grano más cultivado en el mundo, pero puede producir cantidades importantes de residuos agroalimentarios a lo largo de la cadena de suministro (Puyana-Romero et al., 2023). Si bien gran porcentaje de los residuos agrícolas son vendidos para la alimentación de animales, en Chota, Cajamarca el 69.42% de estos residuos son desechados (Benavides S. M., 2022), lo que ocasiona que muchas veces sean quemados reduciendo el volumen de material, pero generando la emisión del 40% de CO<sub>2</sub> en el proceso de quema de biomasa (Bernardis et al., 2008), por ello, se debe buscar nuevas formas de disposición final, que vayan de la mano con la búsqueda de nuevos materiales ecológicos (Castañeda et al., 2022).

La panca del maíz puede utilizarse como fibras vegetales de refuerzo para la producción de paneles de yeso, obteniendo unidades con buena capacidad resistente, rendimiento de absorción y buena acústica (Puyana-Romero et al., 2023), sin embargo, Libog et al. (2023) argumentan que, la influencia del lugar de extracción en las propiedades físico químicas de las fibras vegetales es considerable y significativa, por lo que, no se podía garantizar que, el uso de panca de maíz en el distrito de Chota lograra producir paneles de iguales características que, los elaborados por Puyana-Romero et al. (2023), siendo así, era pertinente verificar que, los paneles ecológicos de yeso con fibras de panca de maíz en Chota cumplan con la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

Así mismo, se ha demostrado la viabilidad comercial de estos paneles, debido a que, en una encuesta realizada a 100 pobladores de la ciudad de Chota en el año 2021, se demostró que el 85% de los encuestados usarían paneles de yeso con fibras de panca de maíz, si presentasen buenas características físico-mecánicas y un costo asequible (Anexo C). Por tanto, hay intención de las personas o familias de querer usar este tipo de producto constructivo “*Paneles de yeso con fibras de panca de maíz*”. Sin embargo, no existen estudios que analicen este tipo de paneles por lo que era necesario plantear su caracterización físico-mecánica a fin de demostrar que los paneles de yeso con base biológica (Fibras de panca de maíz) no solo son mejores para la sostenibilidad del medio ambiente, sino que también pueden funcionar según los estándares requeridos por la normatividad. Siendo así, el objetivo de la investigación fue analizar las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz, con la finalidad de verificar si cumple con los requisitos técnicos establecidos en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**Figura 1** *Uso de Paneles Drywall en Chota*



Nota: Cuestionario, 2021.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz cumplen significativamente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020)?

## **1.3. Justificación**

El aporte teórico logrado en esta investigación es la caracterización físico-mecánica del panel drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz. Se buscó determinar las propiedades mecánicas del panel, como resistencia a la flexión, con el fin de evaluar su viabilidad como material de construcción.

El vacío del conocimiento que se llenó con esta investigación es la falta de información sobre las propiedades físico-mecánicas de paneles drywall con adición de fibras de panca de maíz. Hasta el momento, no se han realizado investigaciones que aborden específicamente este tema, por lo que esta investigación contribuye a llenar esa brecha de conocimiento.

Esta investigación incrementó y modificó el conocimiento científico al proporcionar datos precisos y cuantitativos sobre las propiedades físico-mecánicas del panel drywall con adición de fibras de panca de maíz. Estos resultados son útiles tanto para la academia como para la industria de la construcción, ya que permiten comprender mejor las características y el rendimiento de este tipo de material.

En esta investigación se ha investigado la caracterización físico-mecánica del panel drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz. Se ha avanzado en la comprensión de las propiedades mecánicas del material y se ha demostrado su viabilidad como material de construcción, demostrando características como una mayor resistencia a la flexión y verificando el cumplimiento de la NTP

334.185 (INACAL, 2020). La pertinencia de esta investigación radica en su contribución al desarrollo de materiales sostenibles y de mayor rendimiento en la industria de la construcción.

Siendo así, era importante caracterizar los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz, debido a la intención de las personas o familias chotanas, por adquirir este producto para la división de los muros interiores de sus edificaciones, así mismo, tiene un impacto ambiental positivo, considerando que el maíz, es uno de los principales cultivos de la provincia de Chota, que genera grandes cantidades de fibras, estas pueden ser aprovechadas para elaborar paneles prefabricados de yeso, también denominados paneles drywall, los mismos que se están implementando de manera considerable en las construcciones actuales.

Por tanto, se ha beneficiado tanto a la Universidad Nacional Autónoma de Chota como a la población estudiantil, ya que brinda los parámetros obtenidos en los ensayos realizados los cuales servirán de guía metodológica para futuras investigaciones relacionadas al tema desarrolladas, así mismo, los datos obtenidos pueden ser utilizados por la población como un documento de información técnica, que les permita fabricar sus propios paneles ecológicos de forma artesanal aclarando sus inquietudes relacionadas al tema.

#### **1.4. Delimitación de la investigación**

##### **Ubicación:**

Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca, Perú.

Coordenadas UTM WGS84:

- Centro Poblado Cañafisto: 763459.73 m E, 9273619.71 m S, 2743 msnm.
- Centro Poblado El Campamento: 758566.76 m E, 9278898.04 m S, 2290 msnm.

**Tiempo:**

La investigación se llevó a cabo en el año 2022-2023.

**Procedimientos seguidos:****a) Extracción de fibras de panca de maíz:**

Se extrajeron de los centros poblados de Cañafisto y El Campamento, ambos ubicados en el distrito de Chota.

**b) Caracterización de las fibras de panca de maíz:**

Se realizaron los ensayos de granulometría, densidad y contenido de humedad bajo las normas NTP 400.012 (INACAL, 2021), NTP 400.022 (INACAL, 2021) y NTP 339.185 (INACAL, 2021) respectivamente.

**c) Ensayos físicos del yeso:**

Se realizaron los ensayos de granulometría, densidad, humedad y tiempo de fraguado en yeso bajo las normas NTP 400.012 (INACAL, 2021), NTP 400.022 (INACAL, 2021), NTP 339.185 (INACAL, 2021) y NTP 334.135 (INACAL, 2023) respectivamente.

**d) Diseño base de los paneles drywall:**

Se planteó un diseño base con 100% de yeso, fibras de panca de maíz (con 5%, 7% y 10% del peso del yeso comercial), 10% de silicato de sodio, 12% de goma o cola sintética, y 60% de agua.

**e) Elaboración de las probetas de los paneles drywall:**

Se fabricaron 36 paneles drywall de dimensiones en largo, ancho y espesor de 500 mm x 200 mm x 15 mm siguiendo un proceso manual que incluyó la preparación de los materiales, adición de silicato y goma o cola sintética, mezcla de agua, moldeado y secado, control y cuidado en el proceso de secado, y almacenamiento de los paneles por 28 días.

**f) Ensayos a los paneles drywall con fibras de panca de maíz:**

Se realizaron ensayos de resistencia a flexión, absorción, densidad, peso y variación dimensional según la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**g) Organización y análisis de los datos:**

Los datos recopilados se organizaron en hojas de cálculo de Microsoft Excel y se realizó un análisis estadístico, que incluyó estadísticas descriptivas y pruebas de hipótesis como el análisis t-student, para comprobar el cumplimiento de la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020).

## **1.5. Limitaciones**

No se tiene una muestra base o un diseño patrón, sino que se han analizado las propiedades físico mecánicas de los paneles con panca de maíz al 5%, 7% y 10% del peso del yeso, comparándolos con la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

Las fibras de panca de maíz se obtuvieron de diferentes comunidades del distrito de Chota, pero considerando que, según Libog et al. (2023) argumentan que, la influencia del lugar de extracción en las propiedades físico químicas de las fibras vegetales es considerable y significativa, solo se podía garantizar que, los paneles de yeso con fibras de panca de maíz obtendrán iguales características que, en el estudio presentado en el contexto del distrito de Chota.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo general***

Analizar las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz, con la finalidad de verificar si cumple con los requisitos técnicos establecidos en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

### **1.6.2. *Objetivos específicos***

- Determinar las características físicas (color, gradación, módulo de finura, humedad, peso específico) de las fibras de panca de maíz para utilizarlo como material de adición para la producción de paneles drywall.
- Determinar las características físicas, densidad y capacidad de absorción al agua, de los paneles drywall a base de 100% de yeso, 10% de silicato de sodio, 12% de goma o cola sintética, 60% de agua y con adición de fibras de panca de maíz, al 5%, 7% y 10% del peso del yeso.
- Determinar las características mecánicas (módulo de resistencia a flexión) de los paneles drywall a base de 100% de yeso, 10% de silicato de sodio, 12% de goma o cola sintética, 60% de agua y con adición de fibras de panca de maíz, al 5%, 7% y 10% del peso del yeso.
- Comparar técnica y económicamente los paneles drywal comerciales con los paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz de acuerdo con la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Puyana-Romero et al. (2023) en su artículo científico “Simulación de propiedades acústicas del material compuesto de matriz de yeso reforzado con fibras de tallo de maíz” utilizaron residuos del procesamiento de maíz como material de refuerzo para crear un material compuesto de matriz de yeso para su uso como material de absorción acústica en el Ecuador. Se crearon probetas de dos espesores (6 y 12 mm) y se midió el coeficiente de absorción acústica aplicando la técnica de incidencia normal. Determinaron que, las fibras extraídas del tallo del maíz mejoraron significativamente el rendimiento de absorción acústica de las muestras de matriz de yeso. Esto se debe al aumento de la porosidad del material provocado por la adhesión entre la fibra y el yeso que crea bolsas de aire debido a la rugosidad de la fibra.

Aramwit et al. (2023) en su artículo científico “Cáscara de arroz y fibras de coco como refuerzos sostenibles y ecológicos para compuestos de yeso de alto rendimiento” tuvieron como objetivo utilizar cáscaras de arroz y fibra de coco como refuerzo para el yeso como componentes individuales y también como mezclas. Determinaron que, la resistencia a la flexión más alta de 1.5 MPa se obtuvo cuando se añadió un 10% de cáscara de arroz, en comparación con la resistencia más alta de 5.6 MPa cuando se añadió un 30% de fibras de coco. Así mismo, una proporción igual de 50% de cáscara de arroz y 50% de fibras de coco proporcionó la mayor resistencia a la flexión para los compuestos híbridos. Concluyeron que, en comparación con el yeso puro, se logró un aumento de hasta

un 187% en la resistencia a la flexión, una menor absorción de humedad y una excelente resistencia térmica.

Alyousef et al. (2023) en su investigación “Potencial de residuos de fibra de polipropileno tejido y malla textil para la producción de compuestos a base de yeso” tuvieron como objetivo utilizar fibras y textiles de polipropileno tejido en la producción de compuestos de yeso. Prepararon diferentes proporciones de agua (0.6 %, 0.7 %, 0.8 %, 0.9 % del yeso) y contenidos de fibra de 45 a 50 mm (0.25 %, 0.35 %, 0.45%, 0.55 %) en el compuesto a base de yeso, para formar placas flexibles de 18, 15, 12 y 9 mm de espesor. Determinaron que, respecto a la resistencia a compresión y flexión los compuestos a base de yeso mostraron una disminución con un aumento en el contenido de fibra y la relación agua-yeso. Obtuvieron resistencias a flexión de 42, 36, 32, 30 y 26 kg/cm<sup>2</sup> para contenidos de fibra de 0, 0.25, 0.35, 0.45 y 0.55% siendo la relación agua/yeso de 0.6, mientras que, para el resto de relaciones se obtuvo valores inferiores. Sin embargo, concluyeron que, todas las muestras cumplieron con el límite aceptable de 1 MPa y 2 MPa, respectivamente, según BS EN 14246.

Charai et al. (2023) en su artículo científico “Compuestos de yeso livianos a base de desechos para el control de la temperatura y la humedad en edificios utilizando cenizas volantes de carbón y fibras vegetales” investigaron los efectos sinérgicos de las cenizas volantes de carbón (CFA) y las fibras vegetales de granalla (fibras Alfa – AF) sobre las propiedades termo-físicas, mecánicas y relacionadas con la humedad del yeso. Utilizaron CFA como sustituto parcial del yeso en un rango de 0 a 80% en peso, mientras que los AF cortos se usaron como bioagregados en un rango de 0 a 6% en peso. Los compuestos desarrollados presentaron valores de densidad aparente, resistencia a la compresión,

conductividad térmica y amortiguación de la humedad entre 934–1340 kg/m<sup>3</sup>, 1.38–6.98 MPa, 0.26–0.57 W/mK y 0.41–1.71 g/m<sup>2</sup> HR, respectivamente. Concluyeron que, la combinación de 50% de CFA con 6% de AF en peso dio como resultado un compuesto de yeso liviano con capacidades higrotérmicas mejoradas que cumplieron con los requisitos de resistencia (>2MPa), siendo así, el compuesto de yeso propuesto mostró una buena perspectiva de aplicación en la regulación pasiva térmica y de humedad en edificios.

Martins et al. (2023) en su investigación “Estudio de la resistencia a la flexión y el límite de los planos compuestos de yeso” tuvieron como objetivo comparar las propiedades mecánicas de placas de yeso de distintos fabricantes en Letonia. Determinaron que algunas placas de yeso tienen propiedades físicas diferentes en dirección longitudinal y transversal, mientras que para otras propiedades no difieren dependiendo de la dirección. La placa más barata tenía un límite elástico de 2.76 MPa en la dirección longitudinal y de 1.87 MPa en la dirección transversal, mientras que la placa más cara era homogénea, y las propiedades físicas no cambiaban en función de la dirección y el límite elástico medio era de 2.19 MPa. Concluyó que, la placa de yeso más cara ensayada cumple todos los requisitos de la norma y es competitiva en resistencia superior.

Nassef et al. (2022) en su investigación “Fabricación y utilización de nuevos compuestos sostenibles a partir de residuos de fibras de lana extraídas de curtidurías: caracterización mecánica, física y dinámica” tuvieron como objetivo diseñar compuestos con propiedades destacadas en términos de aislamiento térmico, absorción de agua, resistencia a la flexión y propiedades dinámicas. Las muestras compuestas se sintetizan a partir de fibras de lana extraídas recicladas en tres densidades diferentes, 500, 800 y 1000 kg/m<sup>3</sup>, con y sin revestimiento de

tela (muestras de sólo núcleo y tipo sándwich). Las pruebas dinámicas muestran que los compuestos propuestos exhiben valores de amortiguación más altos (70% más en el caso de muestras de núcleo solamente) en comparación con los tableros de partículas y MDF. Determinaron que, en el caso de los compuestos de solo núcleo, se observa que las muestras A y B demuestran una mayor absorción de agua de alrededor del 40% en comparación con la muestra C; mientras que, la resistencia a flexión para los especímenes A, B, C, D, E, F era 3, 4, 8, 12, 20, 28 MPa correspondientemente y para el panel base era 10 MPa. Concluyó que, los resultados revelan un alto potencial de las fibras de lana extraídas para producir compuestos económicos con propiedades térmicas y físicas apropiadas que pueden utilizarse para cerramientos de edificios ecológicos.

Vavřínová et al. (2022) en su artículo científico “Investigación de propiedades mecánicas y térmicas de material compuesto a base de yeso y paja” tuvieron como objetivo caracterizar el panel de yeso con paja. Para crear las muestras de ensayo utilizaron paja de trigo triturada y tres clases de yeso con resistencias G2 (2 MPa)-Gyeso Clase I., G5 (5 MPa)-Gyeso Clase II. y G16 (16 MPa)-Gyeso Clase III; con diferentes proporciones de paja 0%, 2.5% y 5% para cada grado de yeso. La investigación ha demostrado que el aumento de la proporción de refuerzo de paja provocaba un deterioro de la resistencia a la flexión (hasta un 56.49% en la serie 3 de yeso de Clase II y de la resistencia a la compresión (hasta un 80.27% en la serie 3 de yeso de Clase III, pero logra una mejora de la capacidad calorífica específica y de la conductividad térmica (hasta un 31.40% en la serie 3). Por tanto, concluyeron que, este material compuesto no es adecuado para la fabricación de placas de yeso de alta resistencia, pero sus reducidas propiedades mecánicas no impiden su uso para revocos interiores, así

mismo, desde un punto de vista ecológico, es ventajoso utilizar un material compuesto con un mayor contenido de paja.

Ferrandez-García et al. (2020) en su artículo “Estudio de Residuos de Paneles de Fibra de Yute ( *Corchorus capsularis* L.) Aglomerados con Cemento Portland y Almidón” estudiaron los paneles de cemento reforzados con fibras vegetales procedentes del reciclaje de sacos de yute de desecho (al 5%, 10%, 15% y 20% en peso), utilizando almidón como plastificante. Determinaron que, a los 28 días el tablero con 5% de almidón tenía un MOR de 12.82 MPa y un MOE de 3.43 GPa, estos valores disminuyeron cuando la proporción de yute fue mayor, no obstante, los paneles compuestos de yute-cemento-almidón pueden fabricarse con propiedades físicas, mecánicas y térmicas que cumplan con las normas europeas. Concluyeron que, el uso de residuos industriales de yute en la fabricación de tableros de partículas podría tener una aplicación positiva; su reciclaje contribuye al desarrollo de materiales más sostenibles, lo que supone un beneficio industrial y medioambiental.

El-Saeidy (2016) en su artículo científico “Utilización de residuos agrícolas en la producción de placas de yeso” utilizaron tallos de algodón, maíz y paja de arroz para producir paneles de yeso de 70 x 70 x 1 cm, en proporciones 1:1 y 1: 0.5 en Egipto. Determinaron que, a mayor proporción (1:1) de residuos agrícolas en el panel de yeso, mayor resistencia al ruido, dándole propiedades aislantes, no obstante, no se logra el mismo efecto en la capacidad mecánica, siendo favorable la adición de fibras hasta 1:0.75, pero luego disminuyendo su resistencia a flexión. Concluyeron que, para la dosificación 1:0.5 en placas de paja lograba aislar el 9% del ruido, mientras que la mezcla 1:1 lograba aislar el ruido hasta en 22.1%, siendo la proporción favorable la media de ambas dosificaciones.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Carrasco & Peña (2023) tuvieron como objetivo producir paneles con hoja de plátano y cascarilla del arroz en Piura. Los paneles de espesores de 1.5 cm y 3.0 cm, con dosificaciones de cemento: hoja de plátano: cascarilla de arroz de 1:0.6:0.2, 1:0.2:0.6, 1:0.4:0.4, 1:0.6:0.2, 1:0.2:0.6 y 1:0.4:0.4 obteniendo correspondientemente coeficiente de conductividad térmica de 0.258, 0.259, 0.228, 0.2, 0.204 y 0.207 W/m.k. Siendo así, concluyeron que son favorables en contraste con los paneles de yeso que obtienen 0.41 W/m.k, ladrillo pastelero 0.44 W/m.k, adobe 0.57 W/m.k, ladrillo macizo 1 W/m.k.

Tinoco (2018) tuvo como objetivo comprobar la idoneidad de los residuos agrícolas de caña de azúcar como material alternativo para la producción de placas prefabricadas de yeso con caña de azúcar. La absorción a las 24 hr fue 47.8, 55.8 y 72.5% para las muestras con 5%, 3% y 1%, no obstante, la NTP 334.185 argumenta que, la absorción no debe superar el 5% a las 2 h, por lo que, se estableció una correlación para determinar los porcentajes de absorción a las 2 hr, siendo 4%, 4.7% y 6%, respectivamente. La densidad de los especímenes fue 0.51, 0.61 y 0.54 gr/cm<sup>3</sup> y la carga de rotura a flexión fue 176.4, 154.8 y 91.1 N para las muestras con 5%, 3% y 1%. Concluyó que, el panel con mejores características físicas mecánicas era el que, tenía 5% de bagazo de caña mismo que, tenía un peso de 249.1 gr, mientras que, el peso de la placa drywal era 269.8 gr; así mismo, el costo unitario del panel de 1.20 m x 2.4 m de 15 mm de espesor con 33.25 kg de yeso, 1.75 kg de bagazo, 4.2 kg de cola sintética, 21 lt y 0.175 kg silicato de sodio, fue 30.03 soles, pero al por mayor el precio sería de 17.60 soles.

Mamani (2016) tuvo como objetivo comparar las propiedades mecánicas del yeso y el yeso con adición de materiales reciclados según la norma UNE-EN

13279-2 utilizada para la fabricación de placas. Preparó muestras sólo con yeso y muestras de yeso con adición de celulosa, corcho, caucho y polímeros para ser ensayados a compresión, flexión y dureza según normas internacionales europeas. Determinaron que, la resistencia a flexión del yeso solo, con caucho, corcho, polímero y celulosa alcanza valores de 1.05, 1.17, 1.11, 1.23 y 1.29 N/mm<sup>2</sup>, a compresión de 2.58, 2.98, 2.79, 3.24 y 3.50 N/mm<sup>2</sup> y a dureza Brinell de 9.89, 11.44, 13.64, 22.95 y 22.02 N/mm<sup>2</sup>. Concluyeron que el yeso mezclado con caucho, corcho, polímeros y celulosa mejora la resistencia a compresión en porcentajes de 15.48%, 7.9%, 25.32% y 35.48%, respectivamente, pero también, mejora la resistencia a la flexión en 11.84, 5.70, 17.11 y 23.68%, y la dureza Brinell en 15.73%, 37.95%, 132.16% y 122.75%. Siendo viable la combinación del yeso con otros compuestos reciclados para la producción de paneles de yeso.

Eduardo (2015) tuvo como objetivo proponer una tabiquería ecológica utilizando yeso con refuerzo de totora, en revestimientos de 0.5 cm, 1.0 cm y 1.5 cm de espesor. La totora tiene un densidad de 1.528 g/cm<sup>3</sup>, porosidad de 99.96%, humedad de 7.47%, y al ser utilizada en los paneles determinó que, con yeso de 0.5, 1.0 y 1.5 cm se obtienen revestimientos con transmisión de sonido de 44.77, 45.66 y 46.49 dB, siendo así, solo los dos últimos cumplen con la clase de transmisión, en cambio, si se utiliza mortero como revestimiento sin importar el espesor en todos los casos no cumple con superar los 45 dB, respecto a la resistencia térmica el panel de yeso también presenta valores más favorables con 0.76, 0.77 y 0.79 m<sup>2</sup>°C/W; además de que presenta buena capacidad mecánica a flexión y al impacto resistiendo hasta 320 J. Concluyó que, el tabique ecológico con yeso o mortero de cemento de 1.00 cm de espesor es más económico que otros tabiques modernos y tradicionales que utilizan placas de yeso.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

A nivel regional no existen estudios sobre paneles drywall de yeso con adición de fibras vegetales, no obstante, existen algunas investigaciones presentadas en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, que por su temática se relacionan con el tema en investigación, aun cuando el principal componente utilizado para la producción de sus paneles y bloques de albañilería es el cemento y no el yeso como, se ha propuesto en la presente investigación.

Benavides (2023) tuvo como objetivo caracterizar estructuralmente los paneles con poliestireno tipo perla (al 0, 15, 20 y 25%) utilizando concreto  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> para muros de tabiquería con unión LEGO. Los resultados indican que, la firmeza a compresión reduce conforme se aumenta el porcentaje de aditamento de perlas de poliestireno, para unidades con 0%, 15%, 20% y 25% de poliestireno expandido (EPS), alcanzan el 139.05%, 78.29%, 67.43% y 53.33% del  $f'c$  de diseño. Si se compara las resistencias a compresión alcanzadas en concreto con poliestireno, con las resistencias dadas para ladrillos en la norma E.070 (MVCS, 2006) el panel con 0% y 15% EPS se clasificaría como ladrillo tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>), el panel con 20% EPS se clasifica como ladrillo tipo III (95 kg/cm<sup>2</sup>), y el panel con 25% EPS se clasifica como ladrillo tipo II (70 kg/cm<sup>2</sup>) y como bloque portante (85 kg/cm<sup>2</sup>) de acuerdo a la norma E.070 (MVCS, 2006), por lo que, la mejor dosis técnica es 25% de EPS.

Pardo (2023) tuvo como objetivo caracterizar las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería de concreto tipo IV adicionando distintas dosis de fibras de polipropileno (0, 0.005, 0.01, 0.015, 0.02%) en Chota utilizando áridos fino y grueso de Conchán y Chuyabamba, respectivamente, con lo que,

obtuvo absorción mayor a 12%, resistencias a compresión de 151.2, 151.0, 146.1, 136.4, 114.3 kg/cm<sup>2</sup>, por tanto, a mayor porcentaje de fibras menor resistencia a compresión y mayor absorción, por tanto, aparentemente las fibras no son favorables, sin embargo, aumentan la resistencia a flexión y mejoran la estabilidad dimensional, por lo que, concluyó que, la dosificación adecuada para la producción de bloques portantes era 0.015% de fibras en peso.

Vásquez (2021) tuvo como objetivo caracterizar al concreto con fibras de acero SikaFiber® al 0, 30, 40 y 50 kg/m<sup>3</sup>, agregado fino de Conchán y grava de la Cangana, obteniendo concreto de densidad 2.35, 2.34, 2.34 y 2.33 g/cm<sup>3</sup>, resistencias a flexión de 54.68, 57.34, 58.12 y 60.16 kg/cm<sup>2</sup> y resistencias a tracción de 29.91, 30.7, 33.2 y 36.06, correspondientemente, con costos de materiales por m<sup>3</sup> de concreto de 223.53, 406.88, 428.27, 437.44, 468 y 529.12 soles. Concluyó que, las fibras de acero favorecen la resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto, acrecentando sus propiedades mecánicas y mejorando sus propiedades físicas, no obstante, el costo de producción también es mayor, por lo que, se debe buscar la optimización del costo/beneficio lográndose con 30 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero.

Díaz (2021) tuvo como objetivo caracterizar al concreto con adición de ceniza de panca de maíz en Chota. Determinó que, el concreto con 0, 5, 10 y 15% de ceniza de panca de maíz alcanzaba resistencias a flexión de 73.44, 80.44, 68.8 y 64.64 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así presenta un incremento inicial de la resistencia a flexión cuando se le adiciona la ceniza de panca de maíz, pero luego la resistencia a flexión disminuye, por lo que, concluyó que, la dosificación más adecuada para la producción de concreto con adición de ceniza de panca de maíz era 5%, además de disminuir el asentamiento a 2.76”, logrando una mezcla más pastosa.

## **2.2. Bases teórico – científicas**

### **2.2.1. Teoría de los materiales compuestos**

La teoría de los materiales compuestos investiga las propiedades y el comportamiento de los materiales compuestos, los cuales están formados por la combinación de dos o más componentes diferentes. Esta área de estudio ha ganado una gran relevancia debido a las ventajas que los materiales compuestos ofrecen en comparación con los materiales convencionales, como mayor resistencia, menor densidad y mayor capacidad de diseño personalizado (Hull, 1987).

La teoría de los materiales compuestos busca comprender cómo interactúan y se combinan los diferentes componentes dentro de la estructura del material compuesto, así como el comportamiento mecánico y térmico resultante. Según (Car et al., 2000), las propiedades de los materiales compuestos pueden ser altamente dependientes de la forma, tamaño y distribución de los componentes individuales, lo que hace que el análisis y la predicción de su comportamiento sean complejos.

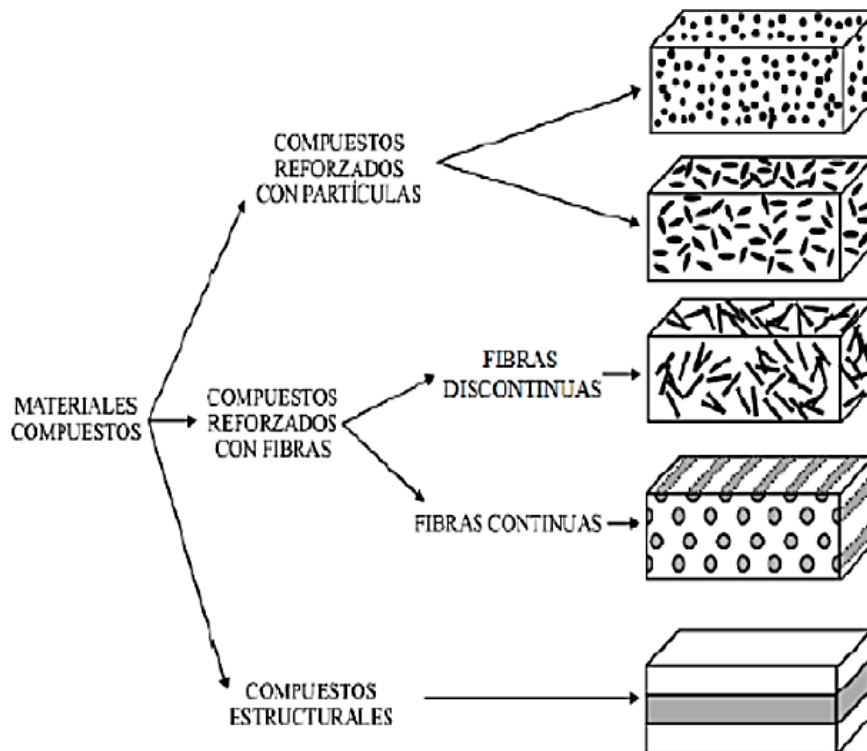
La investigación de la teoría de los materiales compuestos ha llevado al desarrollo de diversos modelos teóricos y métodos de análisis. Por ejemplo, el modelo de mecanismos de daño propuesto por Tan (2018) establece la importancia de tener en cuenta la interacción entre los componentes del material compuesto y cómo esta interacción puede afectar la resistencia y la durabilidad del material (Tsai & de Marco, 2021).

Los paneles de drywall con fibras de panca de maíz son un ejemplo de un material compuesto, ya que están compuestos por una matriz de yeso reforzada con fibras de panca de maíz. El panel de yeso con fibras de panca de maíz es una combinación de yeso y fibras naturales de panca de maíz, que actúan como

refuerzo. El yeso proporciona resistencia y capacidad de carga, mientras que las fibras de panca de maíz ofrecen mayor resistencia a la tracción y la flexión. La teoría de los materiales compuestos es utilizada para analizar cómo los componentes individuales interactúan dentro del panel de yeso, cómo afectan su comportamiento mecánico, térmico y acústico, y cómo se optimiza la combinación de materiales para obtener las propiedades deseadas. Por ejemplo, mediante la teoría de los materiales compuestos se pueden analizar la distribución de las fibras de panca de maíz dentro del panel, su orientación y el tamaño de las mismas. Estos parámetros influyen en la resistencia y la durabilidad del panel.

En resumen, la teoría de los materiales compuestos tiene aplicación directa en el desarrollo y la optimización de los paneles de yeso con fibras de panca de maíz, permitiendo comprender cómo interactúan los componentes y cómo mejorar las propiedades del material compuesto resultante.

**Figura 2** Clasificación de Materiales Compuestos según Tipo de Refuerzo



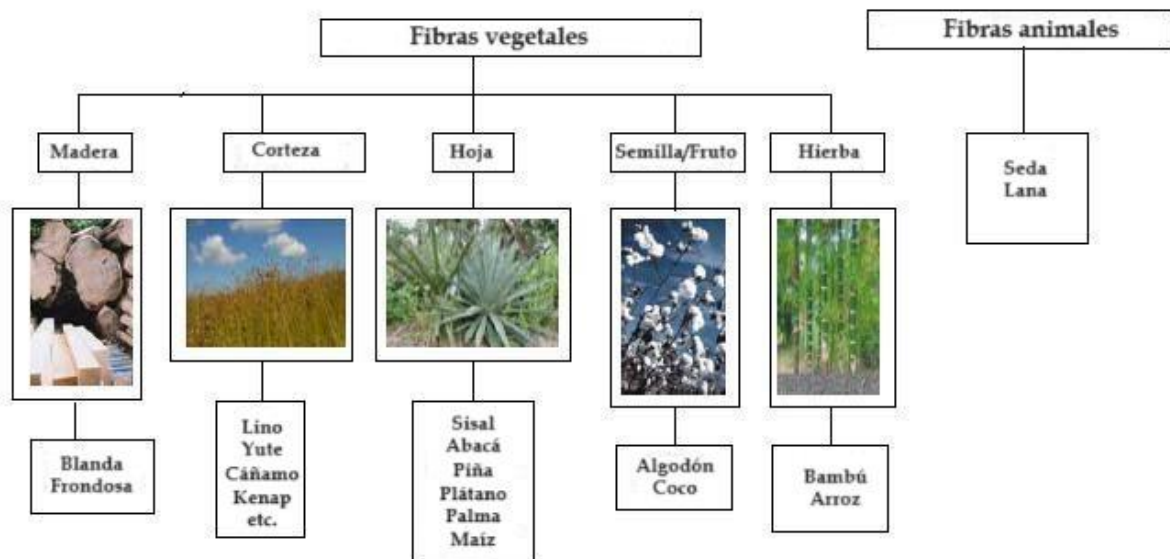
Nota: (Martínez, 2021).

### 2.2.2. Aditivos naturales (fibras vegetales) en la construcción

La utilización de aditivos naturales en la industria de la construcción, específicamente en la incorporación de fibras vegetales en materiales de construcción, ha sido objeto de investigación en los últimos años. Estos aditivos naturales ofrecen una serie de ventajas en términos de sostenibilidad, durabilidad y mejora de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos utilizados en la construcción.

**Figura 3**

*Clasificación de Fibras Naturales*



Nota: (Chandramohan & Marimuthu, 2011).

Diversos estudios han investigado la influencia de las fibras vegetales en la resistencia y propiedades de materiales de construcción. Según (Neyra, 2021), la adición de fibras de coco en el concreto produjo un aumento significativo en la resistencia a la compresión, así como una mayor resistencia al desgaste y la abrasión. Además del concreto, otros materiales de construcción también se han beneficiado de la incorporación de fibras vegetales. Por ejemplo, en un estudio realizado por (Del Río, 2022), se encontró que la adición de fibras de bambú en

el adobe mejoró notablemente su resistencia a la tracción, así como su capacidad de absorción de agua y resistencia a la erosión. Asimismo, algunos investigadores han explorado la utilización de fibras vegetales en paneles de yeso. Según (Babu & Ratnam, 2021), la incorporación de fibras de cáñamo en paneles de yeso mejoró su resistencia a la flexión y redujo su peso, lo cual es beneficioso tanto en términos de instalación como de transporte. Las ventajas de utilizar aditivos naturales, como las fibras vegetales, en la construcción se extienden más allá de la mejora de las propiedades de los materiales. Estos aditivos también pueden resultar en una reducción del impacto ambiental de la construcción, al ser biodegradables y renovables. El uso de fibras de panca de maíz como aditivo en los paneles de drywall implica el estudio de cómo estos aditivos afectan las propiedades físico mecánicas del material. Esto puede involucrar el análisis de cómo las fibras de panca de maíz pueden mejorar la firmeza, la durabilidad y la resistencia al fuego del panel de drywall.

#### **Figura 4**

##### *Fibras Vegetales Comunes*



Nota: (Midani & Elseify, 2022).

### **2.2.3. Mecánica de materiales (*Resistencia a flexión en paneles de yeso*)**

La resistencia a la flexión en paneles de yeso es un aspecto clave a considerar en la construcción y diseño de estructuras interiores. La capacidad de un panel de yeso para resistir la flexión depende de varios factores, como su grosor, diseño, materiales y métodos de instalación.

Según la investigación realizada por (Elkhessaimi et al., 2017), la resistencia a la flexión de los paneles de yeso está directamente relacionada con su grosor. A medida que el grosor del panel de yeso aumenta, su resistencia a la flexión también aumenta. Esta relación se debe a que un panel de mayor grosor tiene más material para resistir la carga aplicada.

Además del grosor, el diseño del panel de yeso también juega un papel importante en su resistencia a la flexión. Según el estudio realizado por (Wu, 2009), los paneles de yeso con refuerzos estructurales internos, como barras de fibra de vidrio o madera, tienen una mayor resistencia a la flexión en comparación con los paneles de yeso estándar. Estos refuerzos internos ayudan a distribuir la carga de flexión de manera más uniforme en todo el panel, lo que aumenta su capacidad de resistencia.

La resistencia a la flexión de los paneles de yeso también puede verse afectada por los materiales utilizados en su fabricación. Según la investigación de (Henry & Therrien, 2018), los paneles de yeso fabricados con materiales de alta calidad, como yeso de mayor pureza y papel resistente, tienden a tener una mayor resistencia a la flexión en comparación con los paneles de yeso de calidad inferior. Estos materiales de alta calidad contribuyen a una mayor cohesión interna y resistencia del panel.

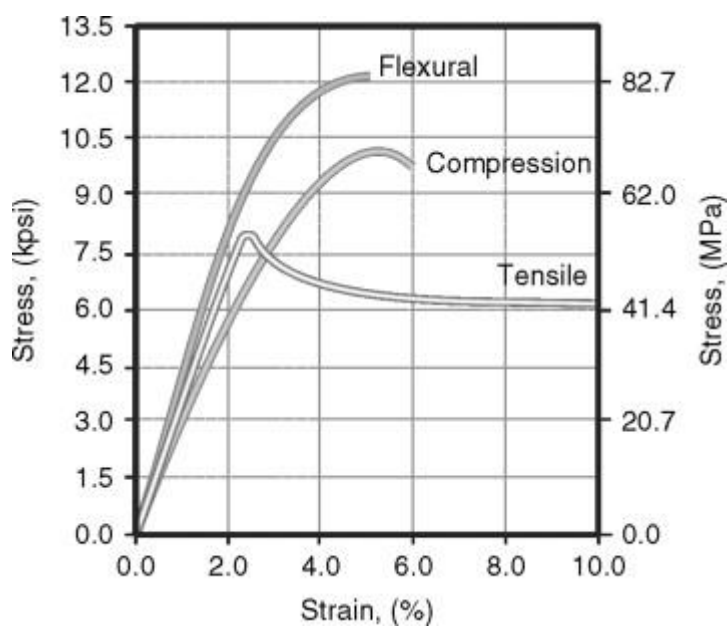
Por último, los métodos de instalación también influyen en la resistencia a la flexión de los paneles de yeso. De acuerdo con el estudio realizado por (Lee et al., 2007), una instalación adecuada que incluya una correcta fijación de los paneles de yeso y un espaciado óptimo entre los tornillos de fijación puede mejorar significativamente la resistencia a la flexión de los paneles. Un adecuado método de instalación ayuda a garantizar una distribución uniforme de la carga en el panel, lo que aumenta su capacidad de resistencia.

La caracterización físico mecánica de los paneles de drywall implica el estudio de cómo se comportan bajo cargas mecánicas. Esto incluye el análisis de la resistencia, rigidez, deformaciones, fallas y resistencia a la fatiga del material.

La caracterización de los paneles de drywall implica el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados, como el yeso y las fibras de panca de maíz. Esto incluye el análisis de propiedades como la densidad, absorción, módulo elástico, resistencia a la flexión, entre otros.

**Figura 5**

*Propiedades Mecánicas de los Materiales Compuestos*



Nota: (Licari & Swanson, 2011).

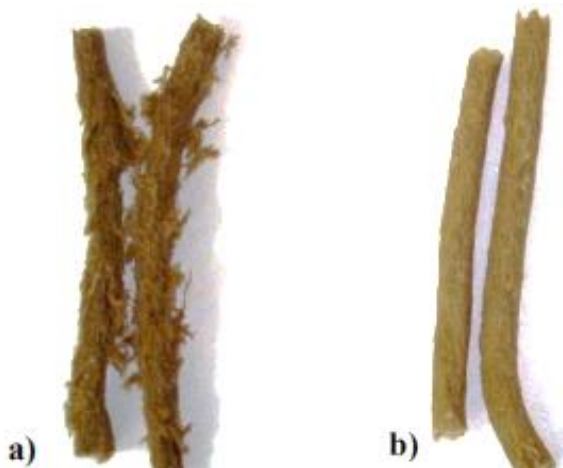
## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Fibras vegetales

Las fibras son células sésiles alargadas con extremos puntiagudos en diferentes partes de la planta, generalmente con una pared secundaria lignificada, que varían en tamaño, forma, estructura de la pared y grosor, número y tipo de perforaciones (Chucho et al., 2019). Las fibras vegetales presentan ventajas de producción (disponibilidad, bajo coste de obtención, facilidad de transformación), físicas (baja densidad, aislamiento térmico, resistencia estructural, etc.) y bioquímicas (seguridad, durabilidad, renovabilidad). Ventajas en bioquímica (seguridad, biodegradabilidad). Las ventajas de las fibras naturales en términos de productividad, propiedades físicas y térmicas, medio ambiente y bioquímica favorecen su utilización como alternativa para el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente (Cadena & Bula, 2002). Las propiedades físicas de las fibras son muy variables y dependen en gran medida de las condiciones a las que están expuestas (principalmente la humedad) (Salvador et al., 2008).

#### Figura 6

*Diferencia en el aspecto de las fibras a) sin lubricación y b) con lubricación*



Nota: (Salvador et al., 2008).

### 2.3.2. *Propiedades físicas de las fibras vegetales*

Las propiedades físicas de las fibras vegetales incluyen características como la longitud, el diámetro, la resistencia y la flexibilidad. Estas propiedades determinan la calidad de la fibra y su utilidad en diversas aplicaciones: (Pulloquina, 2019)

**Medición del tamaño de las partículas.** Se utiliza para determinar el tamaño de las partículas de un material (fibra vegetal) destinado a ser utilizado como árido.

**Gravedad específica.** Relación entre la masa de una fibra y el volumen que ocupa. Es una medida de la densidad relativa de la fibra.

**Densidad.** La densidad de una fibra vegetal equivale a su masa por unidad de volumen. Depende del tipo de fibra y de cómo se obtiene. En general, las fibras vegetales son menos densas que otros materiales y, por tanto, más ligeras.

**Contenido en agua.** El contenido de agua de las fibras vegetales corresponde a la cantidad de agua que contienen. El contenido de agua afecta a las propiedades físicas y mecánicas de las fibras, influyendo en su resistencia y flexibilidad. El contenido de agua varía con el procesamiento, el almacenamiento y las condiciones ambientales.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100 \quad (1)$$

**Alargamiento de rotura.** El alargamiento de rotura de las fibras vegetales se refiere a la capacidad de las fibras para estirarse antes de romperse bajo una tensión aplicada. Es una medida de la elasticidad y flexibilidad de las fibras. El alargamiento de rotura puede variar dependiendo del tipo de fibra y su estructura interna. Algunas fibras vegetales tienen un alto alargamiento de rotura, lo que las hace útiles para aplicaciones en las que se requiere cierta flexibilidad y resistencia a la rotura.

### 2.3.3. *Panca de maíz*

El maíz es el tercer cereal más cultivado del mundo después del trigo y el arroz. Crece en una amplia gama de condiciones climáticas, desde tropicales hasta templadas, y desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud (Izquierdo, 2012). Según la Dinámica Agraria de la Dirección de Economía y Estadística del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, en 2013 se sembró maíz duro en aproximadamente 560,000 hectáreas a nivel nacional, siendo La Libertad, Cajamarca, Loreto, San Martín y Lima las zonas con mayor superficie sembrada (MINAGRI, 2015). La planta de maíz está compuesta por varias partes, incluyendo: raíces (responsables de la absorción de agua y nutrientes del suelo), tallo (soporte estructural de la planta), hojas (órgano fotosintético de la planta), yemas o brotes laterales, panícula (conocida como mazorca, es la parte reproductiva de la planta), espigas de maíz (estructuras alargadas cubiertas por granos de maíz) y granos de maíz. La panca de maíz es la hoja del maíz que envuelve la mazorca o espiga. Es una estructura formada por varias capas de hojas que protege y sostiene los granos de maíz mientras crecen. La panca de maíz es de color verde, tiene una textura flexible y delgada, y se despega fácilmente de la mazorca cuando el maíz está maduro y listo para ser cosechado (Macías, 2015).

**Tabla 1**

*Composición Química de la Panca de Maíz*

<b>Componentes</b>	<b>Llamas et al. (1986)</b>	<b>Phiri et al. (1992)</b>	<b>Yesca et al. (2004)</b>	<b>Feedstuffs (2005)</b>	<b>Díaz et al. (2013)</b>	<b>Media</b>
Materia seca (%)	90.7	87.0	92.7	85.0		88.9
Cenizas (%)		3.9	8.0	7.2	4.5	5.9
Proteína cruda (%)	5.5	4.0	6.2	5.9	3.1	4.9
Fibra detergente neutra (%)	73.4		69.2		85.6	76.0
Fibra detergente ácida (%)	43.0	30.0	48.0		45.6	41.7

Nota: (Macías, 2015).

#### **2.3.4. *Fibras de panca de maíz***

Las fibras de panca de maíz son un tipo de fibra vegetal obtenida de la panca, que es el revestimiento exterior del maíz. Estas fibras son reconocidas por su resistencia, flexibilidad y propiedades mecánicas, lo que las hace adecuadas para diversas aplicaciones. La obtención de las fibras de panca de maíz implica un proceso de separación de las capas externas del maíz, que luego son sometidas a un proceso de lavado y secado para eliminar impurezas y exceso de humedad. Posteriormente, las fibras son sometidas a un proceso de peinado y cardado, donde se alinean y se eliminan los residuos no deseados (Aguilar & Sernades, 2022).

En cuanto a sus propiedades físicas, las fibras de panca de maíz tienen una baja densidad, lo que las hace ligeras y fáciles de manejar. Además, su contenido de humedad puede variar dependiendo del proceso de obtención y almacenamiento, lo que puede afectar sus propiedades mecánicas (Cardenas & Ullilen, 2021).

En términos de peso específico, las fibras de panca de maíz tienen un peso específico menor que el agua, lo que las hace flotantes y útiles en aplicaciones acuáticas. En cuanto al alargamiento de rotura, las fibras de panca de maíz exhiben una notable capacidad de estiramiento antes de romperse bajo tensión. Esto las hace flexibles y resistentes a la rotura, lo que las hace adecuadas para aplicaciones que requieren resistencia (Saravia & Valdivia, 2022).

En resumen, las fibras de panca de maíz son una fibra vegetal obtenida de la capa externa del maíz, que se caracteriza por su resistencia, flexibilidad y propiedades mecánicas. Su proceso de obtención implica la separación, lavado y secado de las capas externas del maíz, seguido de un proceso de peinado y cardado. Estas fibras tienen una baja densidad, contenido de humedad variable, peso específico menor que el agua y un alto alargamiento de rotura.

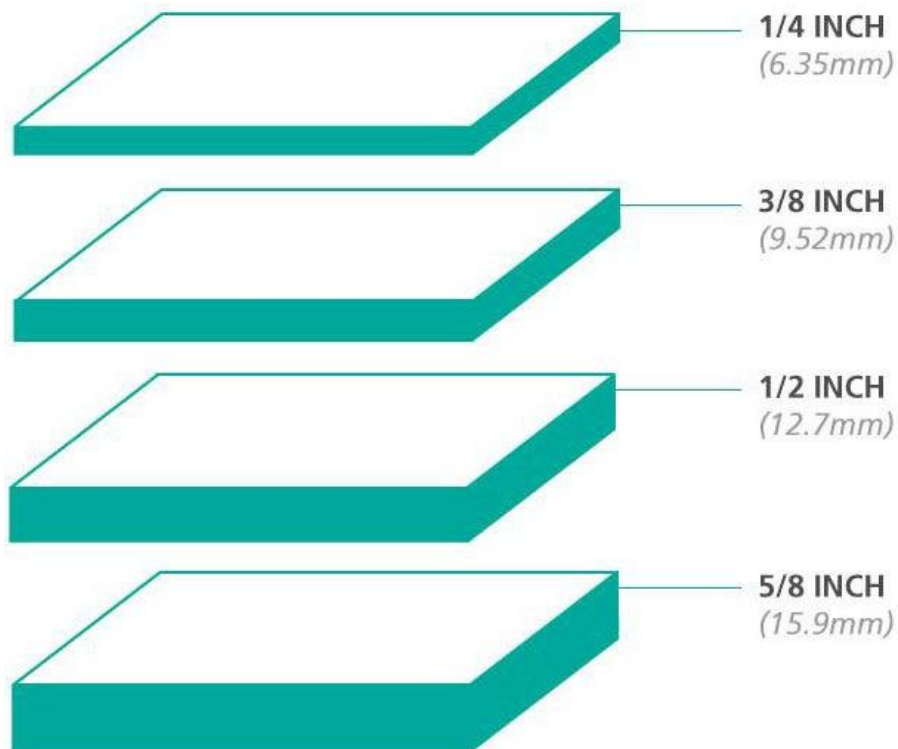
### 2.3.5. Paneles drywall

Los paneles de drywall, también conocidos como paneles de yeso o placas de yeso, son elementos constructivos utilizados en la construcción de paredes interiores y techos. Están compuestos principalmente por una capa central de yeso recubierta por dos capas de papel resistente. Son fáciles de instalar, ligeros, resistentes y ofrecen propiedades de aislamiento térmico y acústico. Son utilizados en la construcción de paredes interiores y techos, y se pueden adaptar a diferentes necesidades constructivas con tratamientos especiales (Rueda & Vega, 2021). Los paneles de yeso laminado prefabricados (Drywall), son utilizados como sustitutos de la tabiquería tradicional, por el confort y su fácil montaje en las construcciones (Vidales et al., 2020).

*Materias primas: yeso + agua + aditivos* (2)

#### Figura 7

##### *Paneles Drywall*



Nota: (Corp, 2016).

### 2.3.5.1. Componentes de los paneles drywall

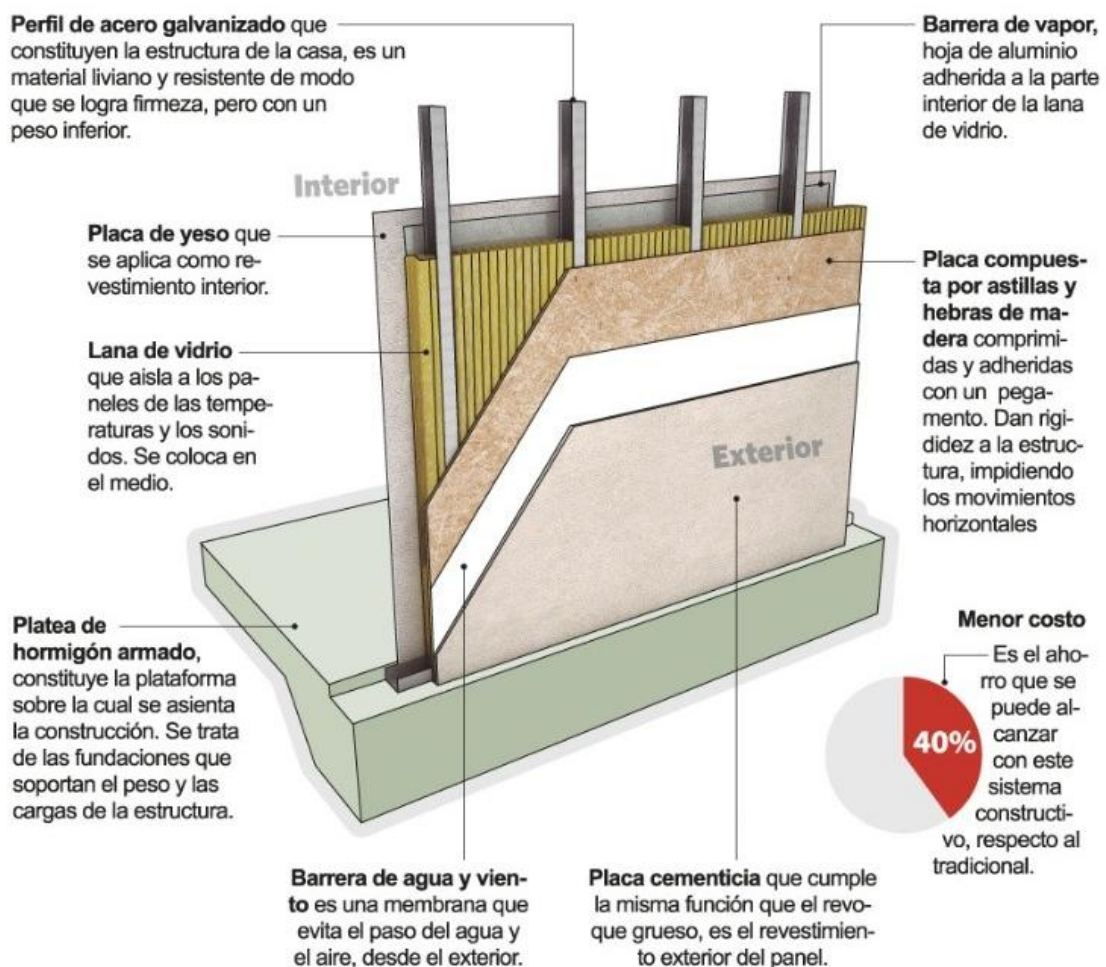
Los paneles de drywall están compuestos principalmente por: (Bendezú, 2021)

**Núcleo de yeso:** Es la capa central del panel, hecha de yeso pulverizado mezclado con aditivos. Esta capa proporciona la rigidez y resistencia estructural al panel.

**Capa de papel frontal:** Se compone de una hoja de papel resistente que se adhiere a la cara frontal del panel de yeso. Esta capa protege el núcleo de yeso de daños físicos y ayuda a darle una superficie lisa y uniforme.

**Capa de papel posterior:** Es similar a la capa frontal, se compone de una hoja de papel resistente que se adhiere a la cara posterior del panel de yeso. Esta capa proporciona una mayor resistencia y rigidez al panel.

**Figura 8** Componentes de Paneles Drywall



Nota: (Pérez, 2017).

### 2.3.5.2. Tipos de paneles drywall

Existen diferentes clasificaciones de las placas de yeso laminado, en función de las normas del país donde se encuentra el fabricante o de las normas aplicadas a su línea de producción, y existen diferentes tipos de códigos para denotarlas. Los usos de las placas de yeso se pueden clasificar en: (De Villanueva, 2004)

***Paneles estándar:*** Es la más económica; su componente principal es el yeso blanco y es idónea para reformas de pequeña envergadura y decoración

***Paneles con resistencia al fuego mejorada:*** son placas convencionales que incorporan fibra de vidrio al yeso, lo que mejora su desempeño frente al fuego.

***Placas incombustibles:*** son placas de cartón-yeso en las cuales al yeso se le ha incorporado fibra de vidrio y cuyas capas superficiales de cartón han sido sustituidas por velos continuos de este mismo material, adquiriendo una resistencia al fuego muy elevada.

***Placas resistentes al agua:*** en estas láminas las paredes de celulosa (cartón) han sido tratadas con silicona, y el alma de yeso ha recibido un tratamiento hidrófugo con aceites siliconados, mejorando el comportamiento del material frente al agua.

***Láminas con resistencia acústica:*** estas placas de cartón yeso poseen una estructura de perforaciones y geometrías especiales, y están cubiertas por una fina capa de fibra de vidrio y celulosa superficial, lo que mejora el aislamiento acústico del material y su resistencia.

***Paneles con resistencia al vapor y a la humedad:*** son placas recubiertas en una de sus caras por una lámina especial de alta resistencia al vapor.

***Paneles celulares o de alma celular:*** formados por dos placas de yeso laminado corriente de 10 mm de espesor, unidas en su interior con un trillaje especial de celulosa en forma de panal de abeja que aporta rigidez.

### 2.3.5.3. Características y/o ventajas de los paneles drywal

Los paneles drywall, también conocidos como paneles de yeso o paneles de cartón-yeso, son populares para la construcción de paredes y techos debido a sus características únicas. Algunas de sus características son: (Álvarez, 2022)

**Ligeros:** Los paneles drywall son bastante ligeros en comparación con otros materiales de construcción, lo que los hace fáciles de manejar e instalar.

**Fácil instalación:** La instalación es rápida y sencilla en comparación con otros métodos de construcción. Pueden ser cortados a medida y fijados rápidamente.

**Resistencia al fuego:** Están diseñados para ser resistentes al fuego, lo que los hace seguros en caso de incendio. Retardan la propagación de las llamas y dan tiempo para la evacuación.

**Resistencia mecánica:** Tienen una buena resistencia a la compresión – flexión y son dimensionalmente estables, lo que evita la deformación con el tiempo.

**Aislamiento térmico acústico:** Ofrecen un buen aislamiento térmico y acústico, lo que ayuda a mantener un ambiente confortable y reducir el ruido en el interior de los espacios (Cantos et al., 2021).

**Acabado liso:** Los paneles drywall proporcionan una superficie lisa y uniforme, lo que facilita la aplicación de acabados, como pintura o papel tapiz.

**Durabilidad:** Son duraderos y pueden resistir el paso del tiempo sin deteriorarse fácilmente. Sin embargo, pueden dañarse por impactos fuertes.

**Versatilidad:** Los paneles drywall se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones, tanto en interiores como en exteriores. Se pueden utilizar para crear paredes, techos, divisiones, cielos rasos e incluso usarse en estructuras curvas.

**Sostenibilidad:** Los paneles drywall son reciclables y se pueden reutilizar en la fabricación de nuevos paneles, lo que los convierte en una opción sostenible.

### **2.3.6. Materiales para producir paneles drywall**

Para producir paneles drywall, se necesita yeso en polvo, cola sintética, silicato y agua (Herrera, 2018).

#### **2.3.6.1. Yeso en polvo**

Producto industrial preparado básicamente a partir de una piedra natural denominada alijez. Es sulfato de calcio hemihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ); se comercializa molido en polvo, y se considera que se originó hace 200 millones de años. Es el componente principal utilizado en la fabricación del panel drywall. Se obtiene a partir del procesamiento y calcinación del mineral de yeso (De Villanueva, 2004). Algunos ejemplos de los tipos de yeso más comunes utilizados en la construcción, cada uno con características específicas, son: (Eymar, 1963)

**Yeso blanco:** Es el más común y se utiliza para la fabricación de paneles de yeso, molduras y en la terminación de superficies interiores. Es de color blanco y tiene un tiempo de secado rápido.

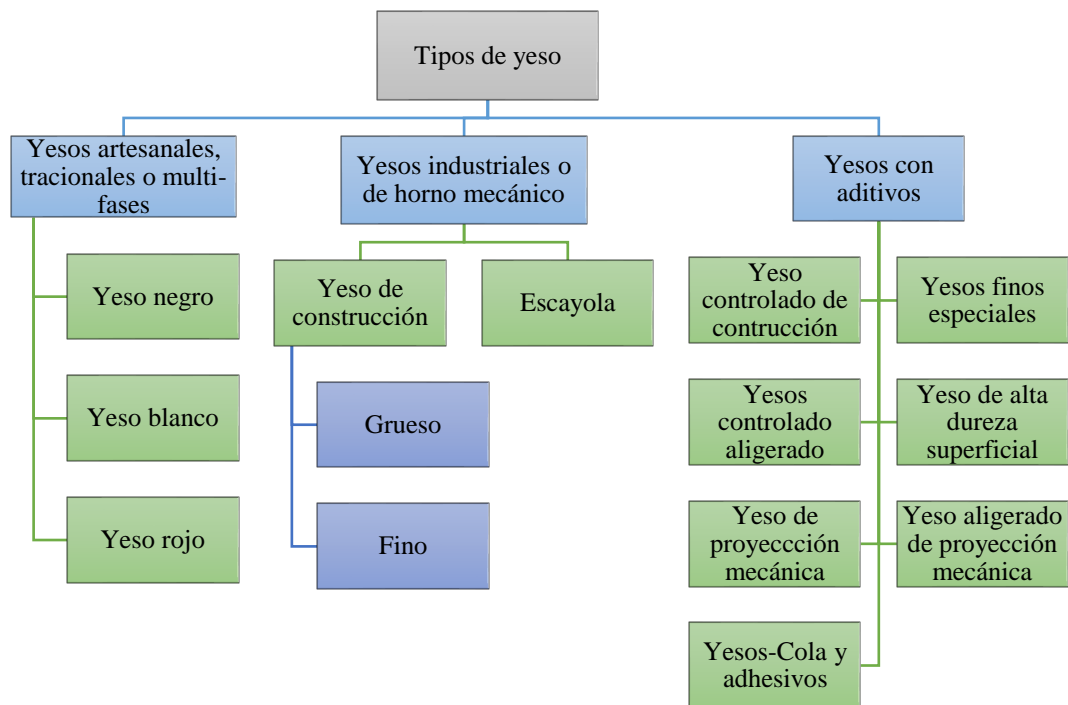
**Yeso escayola:** Es un tipo de yeso mezclado con polvos de piedra natural, lo que le da una mayor resistencia y durabilidad. Se utiliza para la fabricación de molduras, cornisas y elementos decorativos en interiores.

**Yeso de fraguado rápido:** Es un tipo de yeso que se solidifica rápidamente, en cuestión de minutos. Se utiliza en reparaciones rápidas o en trabajos en los que se requiere un secado rápido.

**Yeso retardado:** Este tipo de yeso contiene aditivos que retrasan su tiempo de secado, lo cual permite mayor tiempo de trabajo antes de que se endurezca. Se utiliza en trabajos que requieren mayor tiempo de manipulación, como molduras o detalles decorativos.

**Figura 9**

*Tipos de yeso*



Nota: Adaptado de (Eymar, 1963).

El proceso de fabricación del yeso comienza con la extracción de mineral de yeso de canteras o minas. El mineral de yeso se tritura y se somete a un proceso de calcinación en hornos a altas temperaturas (aproximadamente 160-180 °C). Durante la calcinación, el yeso pierde parte de su contenido de agua y se convierte en sulfato de calcio hemidratado, conocido como yeso crudo. Una vez que se ha obtenido el yeso crudo, pasa por un proceso de molienda fina para obtener el polvo de yeso. En esta etapa, se pueden agregar aditivos según las características deseadas del yeso final, como retardantes, aceleradores, plastificantes, entre otros. Posteriormente, el polvo de yeso se mezcla con agua en una proporción específica para formar una pasta. Esta pasta de yeso se vierte en moldes o se aplica directamente sobre el área de construcción deseada, como techos, paredes o suelos. Una vez que la pasta de yeso se ha aplicado, se deja secar y endurecer.

Durante este proceso, el yeso vuelve a absorber agua del ambiente y se cristaliza, formando una estructura sólida y resistente. Dependiendo del tipo de yeso utilizado, el tiempo de secado puede variar. Una vez que el yeso ha endurecido, se puede proceder a pintarlo, revestirlo con otros materiales o decorarlo según las necesidades del proyecto de construcción. Es importante tener en cuenta que existen diferentes métodos y técnicas de fabricación del yeso, y pueden variar según la región y el fabricante. Sin embargo, el proceso generalmente sigue estos pasos básicos (Carulla, 1997).

**Figura 10**

*Proceso de fabricación del yeso*

**Extracción de la roca**

Se hace generalmente por medios mecánicos, cuando el material se encuentra en estado puro se consume menos energía. Cuando el material presenta impurezas que le aumentan su grado de dureza se requiere de mayor energía, llegando a emplearse pólvora para facilitar la extracción, en este caso la etapa de trituración posterior se facilita más

**Trituración**

La piedra extraída del banco de yeso se tritura por medio de trituradoras de quijada para reducirla a fragmentos de tamaño adecuado.



**Almacenaje y envasado**

Se llenan los sacos de papel de 25 Kg de peso, el yeso se acostumbra a comercializar en este tipo de presentación.

**Cocción**

La cocción se realiza en hornos verticales donde el material molido se deshidrata fácilmente. El agua en forma de vapor sale por la parte superior del horno y el producto cocido se extrae por la parte inferior.

Nota: Adaptado de (Carulla, 1997).

El yeso es un material cuyas propiedades físicas y químicas determinan su calidad. Estas propiedades, que pueden ser inherentes al yeso o resultar del proceso de producción, determinan las características del yeso y, por tanto, su uso en la construcción. Estas propiedades son básicamente: (De Villanueva, 2004)

**Solubilidad.** Es poco soluble en agua dulce (10 g/lit a temperatura ambiente).

**Finura de molienda.** La finura de la molienda tiene una gran influencia en las características de rehidratación del yeso.

**Velocidad de endurecimiento.** Debido a la rápida velocidad de fraguado del yeso, la hidratación debe realizarse en pequeñas cantidades.

**Resistencia mecánica.** Caracteriza la resistencia mecánica del yeso, que aumenta con la finura del yeso, la velocidad de solidificación y la concentración de yeso. El yeso tiene una buena resistencia a la compresión, lo que significa que puede soportar cargas verticales sin deformarse o romperse fácilmente; pero, también puede resistir esfuerzos de flexión, lo que significa que puede resistir la aplicación de fuerzas en su superficie sin romperse.

**Permeabilidad.** Probablemente el problema más difícil de resolver es la resistencia al agua, especialmente en obras al aire libre.

**Adherencia.** Disminuye en contacto con el agua y se aplica a materiales de albañilería y metálicos en ambientes secos.

**Corrosión.** Al igual que con la adherencia, el material reaccionará negativamente cuando se exponga al agua.

**Resistencia al fuego.** El yeso tiene una excelente resistencia al fuego. Durante un incendio, el agua cristalizada en el yeso se libera lentamente, lo que ayuda a retardar la propagación del fuego y proporciona una barrera protectora en caso de incendio.

### **2.3.6.2. Cola sintética**

La cola sintética, también conocida como adhesivo de emulsión, es un material utilizado en la producción artesanal de paneles drywall. Esta cola sintética es un adhesivo a base de agua que se utiliza para unir y fijar los componentes del panel, como el papel cartón y el núcleo de yeso. Pegamento a base de poliacetato de vinilo, adecuado para la unión de todo tipo de madera u elementos similares entre sí, de secado rápido que desarrolla una fuerte adherencia en las uniones. La cola sintética se presenta como una emulsión blanca y líquida que se mezcla con agua para obtener la consistencia adecuada para su aplicación. Una vez mezclada, se aplica a las superficies que se desean unir, ya sea el papel cartón o el núcleo de yeso. La cola se adhiere a estos materiales y, a medida que se seca, se vuelve sólida, proporcionando una unión resistente y duradera (Pinillos et al., 2017).

La cola sintética tiene varias ventajas en la producción de paneles drywall. En primer lugar, es fácil de usar y aplicar, ya que se puede extender sobre las superficies con un pincel o rodillo. Además, al ser a base de agua, se limpia fácilmente con agua antes de que se seque completamente. Otra ventaja de la cola sintética es su resistencia al calor y la humedad. Esto es especialmente importante en el caso de los paneles drywall, que a menudo se utilizan en áreas con alta humedad, como cocinas y baños. La cola sintética ayuda a mantener la integridad y resistencia estructural de los paneles incluso en condiciones húmedas. Además, la cola sintética es un adhesivo seguro y respetuoso con el medio ambiente. Al ser a base de agua, no emite gases tóxicos ni contiene componentes peligrosos, lo que la hace segura de usar en interiores (Pinillos et al., 2017).

### **2.3.6.3.Silicato**

Los silicatos utilizados en la construcción son compuestos químicos que contienen silicio (Si), oxígeno (O) y otros elementos, como aluminio (Al), magnesio (Mg), calcio (Ca) y potasio (K). Estos compuestos son ampliamente utilizados en la industria de la construcción debido a sus propiedades y aplicaciones versátiles (Montes, 2019). Uno de los silicatos más comunes utilizados en la construcción es el silicato de sodio, también conocido como agua de vidrio. Este compuesto se utiliza como aglutinante en morteros y concretos, y también como aditivo para mejorar la resistencia y durabilidad de los materiales de construcción.

El silicato utilizado en la producción de paneles drywall es un tipo de material mineral compuesto principalmente por sílice y otros elementos como el oxígeno, el aluminio y el magnesio. Este material se obtiene a partir de minerales como el cuarzo y se procesa para obtener un polvo fino que se mezcla con agua para formar una pasta. La pasta de silicato se utiliza como componente principal en la fabricación de paneles de drywall, también conocidos como paneles de yeso laminado. Estos paneles consisten en una capa central de silicato de yeso que está recubierta por dos capas de cartón, encajadas entre sí mediante un adhesivo especial. El silicato de yeso utilizado en los paneles de drywall proporciona una serie de propiedades beneficiosas para su uso en la construcción. Por ejemplo, es un material altamente resistente al fuego, lo que lo hace adecuado para su uso en la construcción de paredes y techos que requieran una mayor protección contra incendios. Otra ventaja del silicato de yeso es su capacidad para inhibir el crecimiento de hongos y moho, lo que lo convierte en una opción favorable para su uso en áreas propensas a la humedad o la condensación. Además, es un material de construcción duradero y resistente, lo que garantiza la vida útil de los paneles.

#### 2.3.6.4. Agua

El agua es una sustancia química compuesta por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), es esencial para la vida y tiene una amplia variedad de usos en la industria, incluyendo la producción de paneles de yeso. Es la sustancia más abundante en la tierra, pero sólo el 3% es agua dulce (FAO, 1996). El agua es un elemento importante en la preparación de las mezclas de paneles prefabricados porque se utiliza para hidratar el yeso y desarrollar sus propiedades, pero el agua debe cumplir ciertos requisitos dados en la NTP 339.088 (INACAL, 2021) para evitar dañar el yeso, a saber

**Tabla 2.**

*Límites Permisibles para Agua de Mezcla y Curado*

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (nahc03)	1 000 ppm máximo
Sulfatos (ion s04)	600 ppm máximo
Cloruros (ion cl)	1 000 ppm máximo
pH	Entre 5.5 y 8.0

Nota: NTP 339.088 (INACAL, 2021).

En la producción de paneles de yeso, el agua se utiliza de varias maneras: para la mezcla de la pasta de yeso. El agua reacciona con el yeso y lo hidrata. Actúa como lubricante para mejorar el rendimiento general de la construcción. Proporcionar la estructura de huecos necesaria en la lechada para permitir la formación de productos de hidratación. El agua presente en la mezcla permite que el yeso se adhiera al papel y mantiene su consistencia húmeda durante el proceso de secado y fraguado. Así mismo, el agua se utiliza en el curado de paneles de yeso, durante este proceso, el agua se evapora y el yeso se endurece y se vuelve más sólido. (Herrera, 2018).

### 2.3.7. *Diseño de mezcla*

El diseño de mezclas para la producción de un panel drywall implica determinar la cantidad de materiales necesarios para obtener una mezcla adecuada y homogénea. Los materiales esenciales para la producción de un panel drywall son el yeso, las fibras sintéticas, los aditivos y el agua (Álvarez, 2022). La dosificación de la formulación se refiere a la selección de los materiales adecuados y a la determinación de sus cantidades relativas para producir un material con buena constructibilidad, resistencia y durabilidad (Huanca, 2006). El diseño de mezcla requiere información específica como: Análisis granulométrico, densidad, peso específico, contenido de agua y absorción del aditivo, tipo, densidad y calidad del ligante (cemento, yeso u otros), relación resistencia/agua/agregado para posibles mezclas de ligante/agregado (Serrano et al., 2012). Siendo así, para determinar la cantidad de material necesaria deben seguirse los pasos: (Álvarez, 2022)

**Determinar la cantidad de yeso:** Se debe calcular la cantidad necesaria según la superficie a cubrir. Por lo general, se recomienda 1.5 a 2 kg/m<sup>2</sup> de yeso.

**Calcular la cantidad de fibras sintéticas:** Se usan para aumentar la resistencia del panel drywall. La cantidad de fibras sintéticas varía según especificaciones. Generalmente, se recomienda alrededor de 0.5% a 1% del peso total del yeso.

**Determinar la cantidad de aditivos:** los aditivos son utilizados para mejorar las características de la mezcla de drywall, como la trabajabilidad y la resistencia al agua. La cantidad de aditivo necesario depende del tipo de aditivo y las especificaciones del fabricante.

**Calcular la cantidad de agua:** el agua es necesaria para activar el proceso de endurecimiento del yeso. La cantidad de agua varía según el tipo y la cantidad de yeso utilizado, así como las condiciones

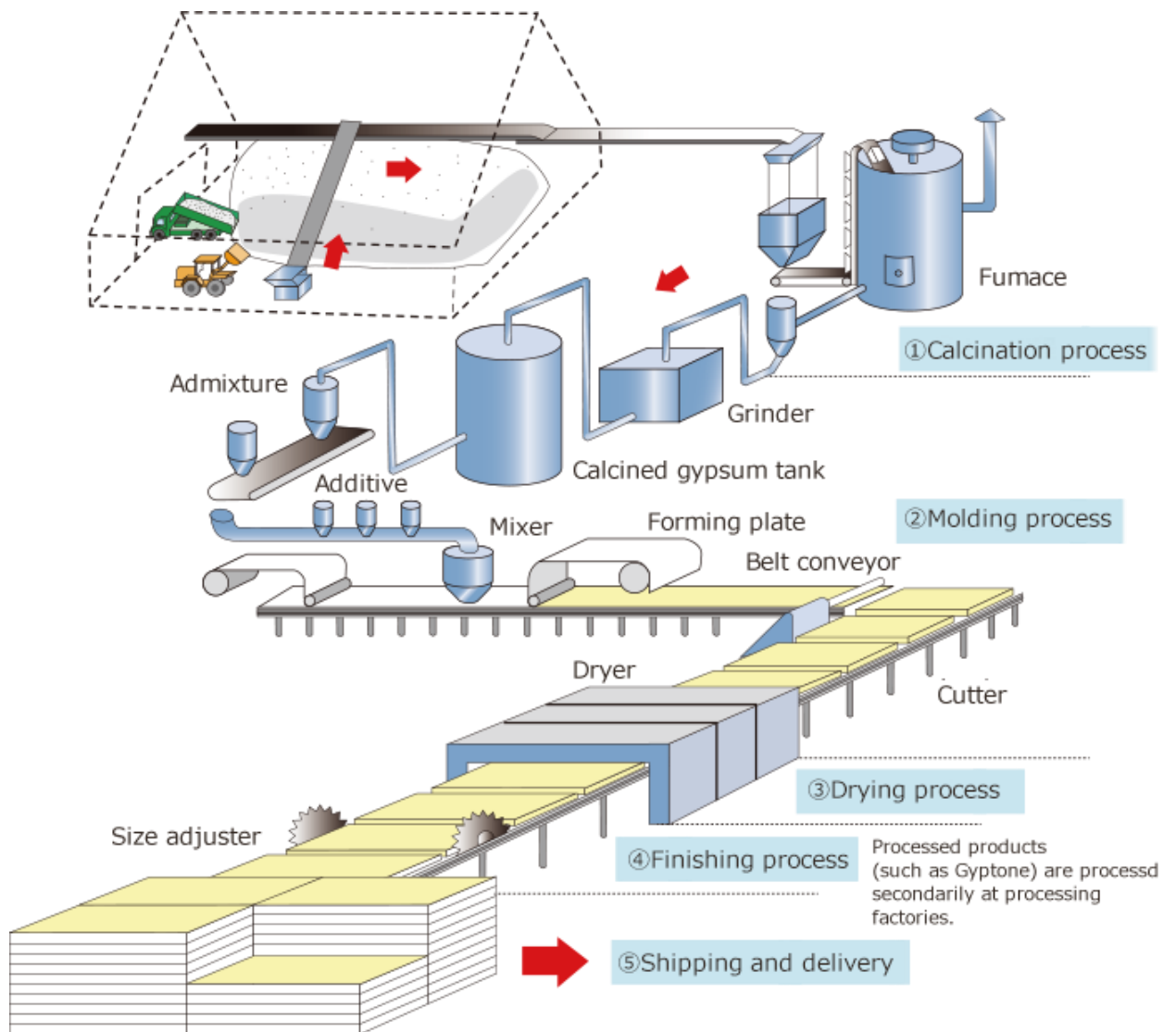
### **2.3.8. *Proceso de fabricación de paneles drywall***

El proceso de fabricación de placas de yeso comienza con la extracción del yeso, que luego se muele y se mezcla con aditivos para mejorar su resistencia y durabilidad. A continuación, la mezcla se vierte en un molde y se prensa para darle forma de placa de yeso. Una vez endurecido el yeso, se aplica una gruesa capa de papel a ambos lados de la placa (Tapia, 2015). Las placas de yeso se fabrican mediante un proceso de producción continuo: (Yoshino, 2023)

- El yeso se extrae de la cantera y se transporta en una cinta transportadora hasta una trituradora donde se tritura hasta convertirlo en polvo.
- El yeso se mezcla con otros ingredientes y agua para hacer un mortero de cemento, que forma la base de los paneles.
- El yeso se coloca entre dos láminas sucesivas en el encofrado. Así se crea una losa continua que se transporta mediante una cinta transportadora. La cinta transportadora tiene unos 450 metros de longitud y puede cizallarse unos tres minutos después de que el yeso haya fraguado.
- Tras pasar por la cizalla, se utilizan sensores ópticos para comprobar la concavidad y el grosor de las losas.
- A continuación, se les da la vuelta y se protege su superficie. Las tablas entran en un secadero multicapa de gas de aire caliente de unos 150 metros de longitud donde se endurecen y procesan.
- En el secadero, las tablas se calientan a unos 350°C y luego se enfrían gradualmente. Este proceso dura unos 40 minutos. Tras salir del secadero, las tablas se apilan de dos en dos con los laterales abiertos para protegerlas. A continuación, se sellan y se colocan en palés de almacenamiento para su transporte al lugar de instalación.

**Figura 11.**

*Proceso de Fabricación de Paneles Drywall*



**1. Proceso de calcinación**

El "yeso" se cuece en un horno y se convierte en "yeso calcinado", que se solidifica al reaccionar con el agua.

**2. Proceso de moldeado**

El "yeso" calcinado se mezcla con agua para formar una lechada (estado fangoso). A continuación, la lechada se vierte en una línea (cinta) por la que bajan los revestimientos de cartón, que se intercalan con los revestimientos de cartón.

**3. Proceso de secado**

Los tableros se envían a una máquina de secado (secadora) para eliminar el exceso de contenido de agua.

**4. Proceso de acabado**

Los tableros se cortan en productos del tamaño adecuado.

**5. Envío y entrega.** Los productos se cargan en camiones y se entregan en distintos lugares.

Nota: (Yoshino, 2023).

### 2.3.9. *Propiedades físicas en paneles prefabricados*

Las propiedades físicas de los paneles drywall incluyen su espesor, peso, resistencia al fuego, absorción de agua y resistencia al impacto. Estas propiedades determinan la durabilidad y desempeño del panel en la construcción, así como su capacidad para proporcionar aislamiento acústico y térmico (Ochoa et al., 2013).

**Variación dimensional:** Cambios en las dimensiones físicas del panel de yeso debido a la humedad, el calor y otros factores ambientales. Los paneles de yeso pueden expandirse o contraerse en respuesta a cambios en la humedad y la temperatura, afectando la estabilidad y la apariencia estética del panel.

**Alabeo:** Deformación o curvatura no deseada que puede ocurrir en los paneles, como los paneles de yeso. El alabeo generalmente resulta de la variación de humedad en los diferentes lados del panel, lo que causa una mayor expansión o contracción en un lado en comparación con el otro.

**Densidad:** Se refiere a la masa por unidad de volumen de los paneles. Es una medida de la compacidad y peso relativo de los paneles. La densidad puede variar dependiendo del tipo de material utilizado en la fabricación de los paneles, como hormigón, madera o acero. Una alta densidad indica un panel más pesado y sólido, mientras que una baja densidad indica un panel más liviano.

**Absorción:** Capacidad de los paneles para absorber agua u otros líquidos. Esta propiedad es especialmente importante en paneles utilizados en áreas con alta humedad o exposición a condiciones climáticas adversas. Los paneles con baja absorción son menos propensos a dañarse o deteriorarse por la humedad, lo que los hace más duraderos y resistentes a la corrosión. En la NTP 334.185 (INACAL, 2020) se mide la absorción en las dos primeras horas de contacto con el agua.

$$ABS = \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100 \quad (1)$$

### 2.3.10. *Propiedades mecánicas en paneles prefabricados (Resistencia a la flexión)*

Las propiedades mecánicas de los paneles drywall se refieren a características como su resistencia a la tracción, compresión y flexión, así como su rigidez y estabilidad dimensional. Estas propiedades determinan la capacidad del panel para soportar cargas estructurales y resistir deformaciones o daños. La propiedad mecánica con mayor relevancia es la resistencia a flexión (García et al., 2011).

**Resistencia a flexión:** Capacidad de los paneles prefabricados para soportar cargas aplicadas y resistir la deformación o fractura. Esta propiedad es esencial en paneles utilizados en estructuras como techos, suelos o paredes, donde se requiere una resistencia adecuada para soportar las cargas. La resistencia a flexión depende del tipo de material utilizado en los paneles y de su diseño estructural. Los paneles con alta resistencia a flexión son capaces de soportar cargas pesadas sin deformarse o romperse (Ramírez et al., 2011).

$$F = \frac{P_u \times L}{b \times t^2} \quad (2)$$

Donde, L es la luz entre ejes,  $P_u$  carga última, b ancho, t espesor del panel.

**Módulo de resistencia a la flexión:** Propiedad que indica la resistencia de un material al doblarse o deformarse bajo cargas aplicadas. En el caso de los paneles de yeso, el módulo de resistencia a la flexión es importante para determinar la capacidad del panel para soportar cargas y evitar la deformación. El módulo de resistencia a la flexión en los paneles de yeso generalmente se expresa en psi o MPa. El valor del módulo de resistencia a la flexión puede variar dependiendo del tipo y la calidad del panel de yeso, así como de su espesor y densidad.

$$b = \frac{B}{4} \quad (3)$$

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

### **2.3.11. Requerimientos técnicos de los paneles de yeso(NTP 334.185)**

En la NTP 334.185 (INACAL, 2020) se detallan las especificaciones que deben cumplir los paneles de yeso para su uso en la industria de la construcción, los cuales están orientados a la capacidad para soportar cargas a flexión, absorción y la densidad de estos, según su categoría A (Tipo A placa base de yeso laminado, en una de cuyas caras se puede aplicar un enlucido a base de yeso apropiado o un acabado decorativo), D (Tipo D tienen una densidad controlada que permite mejorar sus prestaciones para algunas aplicaciones), E (Tipo E placas especialmente fabricadas para su utilización en revestimientos de paramentos exteriores), F (Tipo F placas con una cara sobre la que se puede aplicar un enlucido a base de yeso apropiado o un acabado decorativo), H (Tipo H tipo de placas que llevan aditivos para reducir la capacidad de absorción de agua), I (Tipo I placas que se utilizan en aplicaciones en las que se requiere una mayor dureza superficial).

**Dimensiones y espesor.** Según la NTP 334.185 (INACAL, 2020) los valores de ancho nominal más comunes son: 400 mm, 600 mm, 900 mm y 1 200 mm, pero también son posibles otras anchuras. Las longitudes nominales más comunes son: 1 200 mm, 1 500 mm, 1 800 mm y 2 000 mm, pero también son posibles otras longitudes. Los espesores nominales más comunes son 9.5 mm y 12.5 mm. Pero, en todos los casos se pueden plantear medidas distintas siempre y cuando se cumpla con la tolerancia en curvatura y en dimensiones.

**Tolerancia en curvatura:** La norma establece una tolerancia para la curvatura de los paneles de yeso. Esta tolerancia indica cuánto puede curvarse un panel sin que se considere defectuoso. Se especifica una medida máxima permitida en milímetros.

**Tolerancias dimensionales:** Los paneles deben cumplir con ciertas tolerancias dimensionales especificadas en la norma, para garantizar su correcta instalación.

**Tabla 3**

*Variación dimensional de Placas de Yeso*

Dimensiones Placas	Tolerancia	
	Tipo P	Tipo A, H, D, E, F, I, R
Largo	± 6 mm	± 5 mm
Ancho	± 8 mm	± 4 mm
Espesor	± 6 mm	± 6 mm

Nota: (INACAL, 2020).

**Resistencia a la carga de rotura a flexión:** Los paneles deben tener una resistencia adecuada a la carga de rotura a flexión, lo cual implica que deben ser capaces de soportar cargas sin romperse. Esta resistencia se mide en unidades de presión (N/mm<sup>2</sup> o N/cm<sup>2</sup>) y se especifica en la norma.

**Tabla 4**

*Carga de Rotura a Flexión de Placas de Yeso Laminado*

Espesor nominal de la placa (mm)	Carga de rotura a flexión N	
	Sentido transversal	Sentido longitudinal
9.5	160	400
12.5	210	550
15.0	250	650
Otros espesores (t)	16.8 t	43 t

Nota: (INACAL, 2020).

**Resistencia a la humedad:** Dependiendo de su aplicación, los paneles deben ser resistentes a la humedad. Se establecen tres clases: H1 (resistente a la humedad), H2 (hidrófugo) y H3 (resistente a la intemperie). No obstante, también se dan especificaciones para otro tipo de paneles.

**Absorción de agua:** Los paneles no deben tener una alta absorción de agua, ya que esto podría afectar su resistencia y durabilidad.

**Tabla 5***Clases de Absorción de Agua de Placas de Yeso Laminado*

Espesor nominal de la placa (mm)	Absorción de agua	
	Superficial (g/m <sup>2</sup> )	Total (%)
Otros	160	≤ 5
H1	180	≤ 5
H2	220	≤ 10
H3	300	≤ 25

Nota: (INACAL, 2020) y norma interna (Gyplac, 2023).

**Densidad:** La norma establece que los paneles de yeso deben tener una densidad mínima especificada. La densidad se expresa en kg/m<sup>3</sup> y se refiere a la cantidad de masa por unidad de volumen del panel. Cada norma interna de entidades productoras de paneles tiene sus propias especificaciones en cuanto a densidad. (Gyplac, 2023) establece dos rangos de densidad según el espesor de la placa de yeso.

**Peso:** La norma indica que los paneles de yeso no deben tener un peso excesivo, para facilitar su manipulación e instalación. Sin embargo, el peso suele ser proporcionado por los fabricantes y se mide en kg/m<sup>2</sup>, además el peso del panel depende muchas veces del espesor del mismo, (Gyplac, 2023) establece dos rangos de peso máximo según el espesor de la placa de yeso.

**Tabla 6***Propiedades Físicas de Placas de Yeso Laminado*

Placa	12.7 mm	15.9 mm
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	0.80x10 <sup>3</sup>	
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	8±0.3	11.25±0.65
Espesor nominal (mm)	12.6±0.2	15.8±0.2
Longitud (mm)	2440±5	2440±5
Ancho (mm)	1220±2	1220±2
Curvatura (mm)	3.89±4	3.89±4

Nota: Norma NTP 334.185 (INACAL, 2020) y norma interna (Gyplac, 2023).

## **2.4. Hipótesis**

H1: Las características físicas y mecánicas de los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz cumplen significativamente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

## **2.5. Operacionalización de variables**

### **2.5.1. Variable independiente Fibras de panca de maíz**

Las fibras de panca de maíz se refieren a las hebras o filamentos producidos a partir de las hojas de la planta del maíz. Estas fibras se utilizan en diferentes aplicaciones, como en la fabricación de paneles de construcción. Para fines de medición y estudio, se definen operacionalmente las fibras de panca de maíz como las hebras o filamentos obtenidos mediante la separación y procesamiento de las hojas de la planta del maíz. Por lo que, se incluye la determinación de sus características físicas, aquellas propiedades que definen las características de la muestra, es decir los parámetros que se requiere conocer para definir su porcentaje o grado de adición en una mezcla para la elaboración de paneles prefabricados.

### **2.5.2. Variable dependiente: Paneles drywall de yeso**

Los paneles drywall de yeso se refieren a paneles prefabricados utilizados en la construcción que consisten en una capa de yeso entre dos capas de papel especial. Estos paneles se utilizan para revestir y construir paredes, techos y divisiones interiores en edificaciones. Para fines de medición y estudio, se definen como los paneles prefabricados compuestos por una capa de yeso en combinación con fibras de panca de maíz, que le da ciertas características físico mecánicas que, se requieren conocer a través de su análisis y caracterización para verificar si cumple con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**Tabla 7***Matriz de Operacionalización de Variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>
Fibras de panca de maíz	Las fibras de panca de maíz se refieren a las hebras o filamentos producidos a partir de las hojas de la planta del maíz. Estas fibras se utilizan en diferentes aplicaciones, como en la fabricación de paneles de construcción.	Propiedades físicas de las fibras de panca de maíz	Se refieren a características como su longitud, diámetro, resistencia y flexibilidad. Estas propiedades determinan la calidad y utilidad de las fibras en diferentes aplicaciones, como materiales de construcción	Granulometría	%
				Peso específico	Kg/m3
				Contenido de humedad	%
Paneles drywall de yeso	Los paneles drywall de yeso se refieren a paneles prefabricados utilizados en la construcción que consisten en una capa de yeso o yeso laminado entre dos capas de papel especial. Estos paneles se utilizan para revestir y construir paredes, techos y divisiones interiores en edificaciones.	Propiedades físicas	Estas propiedades determinan la durabilidad y desempeño del panel en la construcción, así como su capacidad para proporcionar un bajo peso y una buena capacidad resistente frente a la absorción.	Absorción de agua	kg/cm2
				Densidad y/o peso	Kg/m3 y/o kg
		Propiedades mecánicas	Estas propiedades determinan la capacidad del panel para soportar cargas estructurales y resistir deformaciones o daños.	Resistencia a la flexión	%
				Comparación técnica	La comparación técnica de paneles implica evaluar características como su composición, densidad, absorción, resistencia, durabilidad, y otras características de importancia.
		Densidad y/o peso	Kg/m3 y/o kg		
		Absorción	%		
		Comparación económica	La comparación económica representa la evaluación del costo de los materiales de un panel con fibras y un panel convencional.	Costo de materiales	S/.

## CAPÍTULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo porque buscó recopilar y analizar datos numéricos y estadísticos para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del panel drywall con adición de fibras de panca de maíz. Este enfoque cuantitativo ha permitido obtener resultados medibles y replicables, que se han utilizado para realizar comparaciones, establecer relaciones causales y tomar decisiones basadas en evidencias objetivas. El estudio incluye la realización de pruebas físicas y mecánicas en muestras de panel drywall con diferentes porcentajes de fibras de panca de maíz, después de lo cual se recopilan y analizan los datos resultantes, como resistencia a la flexión, absorción, densidad y/o peso, entre otros. Estos datos cuantitativos han permitido comprender y describir el comportamiento del material y determinar si la adición de fibras de panca de maíz mejora o altera las propiedades físicas y mecánicas del material.

La investigación de tipo aplicada se caracteriza por su enfoque práctico y orientado a resolver problemas o necesidades específicas en un contexto real. En este caso, se ha centrado en estudiar la viabilidad de utilizar paneles de yeso con fibras de panca de maíz en las construcciones locales del distrito de Chota en base a la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

En esta investigación de nivel explicativo, se buscó entender y explicar de manera detallada las características físico-mecánicas de los paneles drywall, específicamente en relación con el porcentaje de adición de fibras de maíz. El objetivo principal fue verificar el efecto de dichas fibras en la absorción, peso y resistencia a la flexión de los paneles de yeso producidos en Chota.

**Tabla 8***Tipos de Investigación*

<b>Indicador</b>	<b>Tipo de investigación</b>
Según su finalidad	Aplicada
Según los medios para obtener los datos	Documental y de campo
Según su alcance	Cuantitativa-experimental
Según la temporalización	Transversal

**3.2. Diseño de investigación**

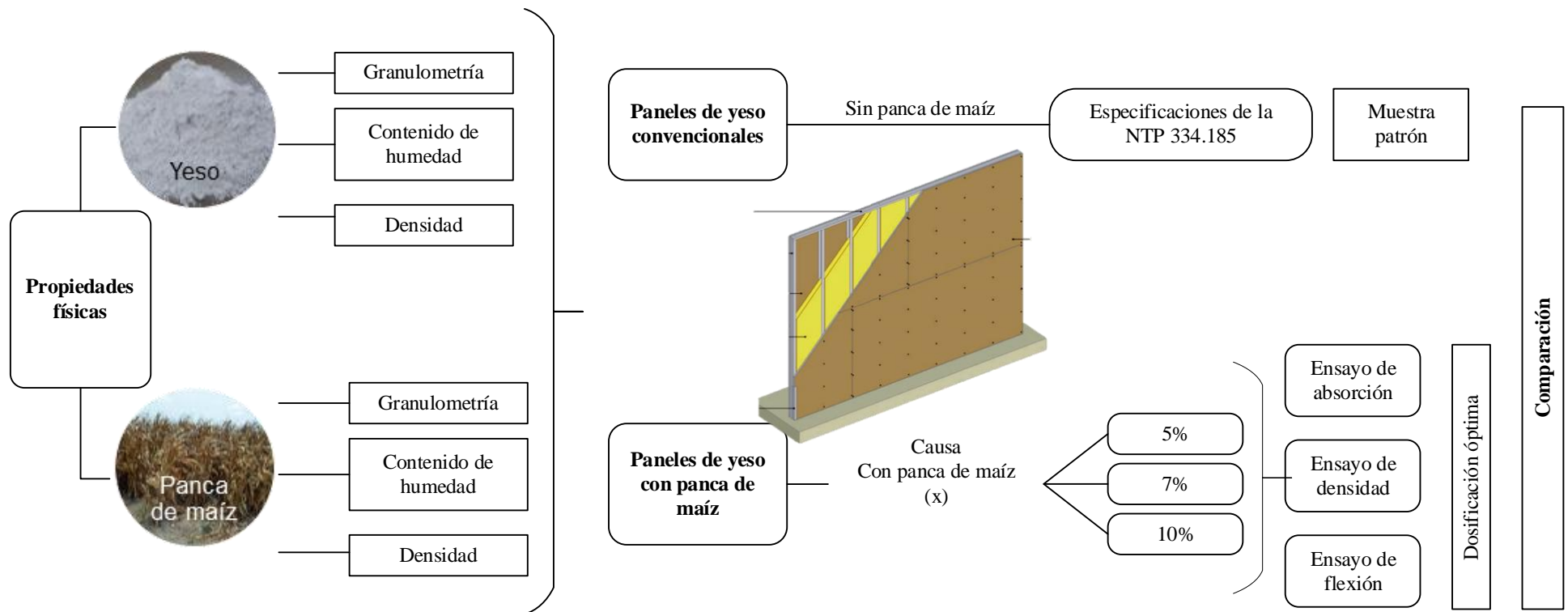
A pesar de la metodología cuasi experimental cuantitativa utilizada en este estudio (por la adición de fibras de panca de maíz en los paneles de yeso), el objetivo principal fue describir y analizar las propiedades físicas y mecánicas de las placas de yeso laminado con adición de fibras de maíz y establecer una relación causal entre la adición de fibras de maíz y la mejora de la resistencia de los paneles de yeso; por lo tanto, se considera un modelo causal descriptivo, como diseño de investigación.

El diseño descriptivo causal simple ha permitido investigar la relación causal entre la adición de fibra de maíz y la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los paneles de yeso. Manipulando la variable independiente “x” (adición de fibra de maíz) y midiendo su efecto sobre la variable dependiente “y” (propiedades físicas y mecánicas de las placas de yeso), para intentar determinar la relación causal entre ambos factores por medio de la evaluación de la muestra (M) paneles de yeso.

$$M \leftarrow XY \tag{4}$$

**Figura 12**

*Diseño de Investigación: Descriptivo Causal Simple*



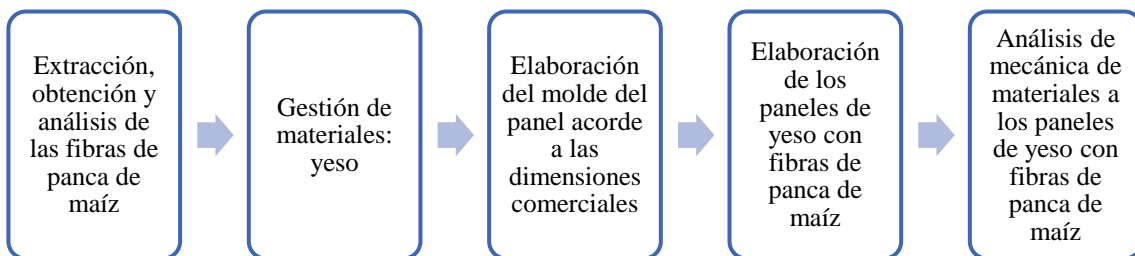
### 3.3. Métodos de investigación

El método lógico deductivo es un enfoque de la investigación científica que se basa en la formulación de hipótesis o teorías generales y la deducción de conclusiones específicas a partir de estas premisas. En el caso de la caracterización físico-mecánica del panel drywall de yeso con fibras de panca de maíz, el método lógico deductivo se aplica por medio de un experimento controlado. El **experimento controlado**, se realiza por medio de pruebas en laboratorio utilizando paneles drywall estándar y paneles con adición de fibras de panca de maíz en proporciones incrementales controladas. Se miden y comparan propiedades físicas y mecánicas, como resistencia a la flexión, absorción, densidad y/o peso, dimensiones, etc. Se establecen variables controladas, como la cantidad de fibras añadidas o el proceso de adición, para analizar el impacto de las fibras de panca de maíz en las propiedades del panel drywall de yeso para al final poder deducir premisas y evaluar las hipótesis, para comunicar los resultados, deducir conclusiones y generar nuevo conocimiento en el campo.

**Figura 13**

*Procedimiento de Obtención de Datos Aplicando el Método de Investigación*

*Lógico Deductivo*



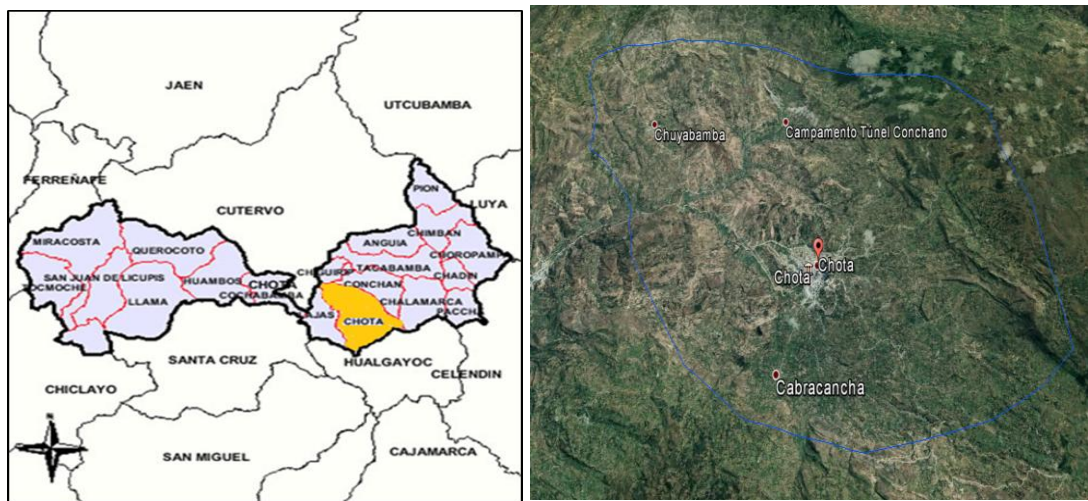
### 3.4. Población, muestra y muestreo

#### 3.4.1. Población

Todos los paneles drywall de yeso producidos la adición de fibras de panca de maíz extraídas de las comunidades del distrito de Chota al 5%, 7% y 10% del peso del yeso comercial, silicato de sodio comercial, cola sintética comercial.

**Figura 14**

*Ubicación de la Ciudad de Chota*



#### 3.4.2. Muestreo

Se ha utilizado el muestreo probabilístico de bloques completamente al azar (DOE factorial) de 1 bloque, con dos factores: (1) el porcentaje de adición de fibras de panca de maíz, con tres niveles de adición 5%, 7% y 10%, y (2) el tipo de ensayo, con cuatro niveles: resistencia a flexión, absorción de agua, variación dimensional y densidad del panel de yeso; con tres repeticiones dando un total de 12 corridas base, y 36 unidades muestrales.

**Tabla 9** *Resumen del Diseño Muestral*

Bloques: 1	Factores 2, de 3 y 4 niveles
Corridas base: 12	Número de repeticiones: 3
Total, muestral: 36	

### 3.4.3. Muestra

36 paneles Drywall de dimensiones en largo, ancho y espesor de 500 mm x 200 mm x 15 mm producidos con adición de fibras de panca de maíz extraídas de las comunidades de Cañafisto y el Campamento del distrito de Chota al 5%, 7% y 10% del peso del yeso comercial, combinado con silicato de sodio comercial, cola sintética comercial.

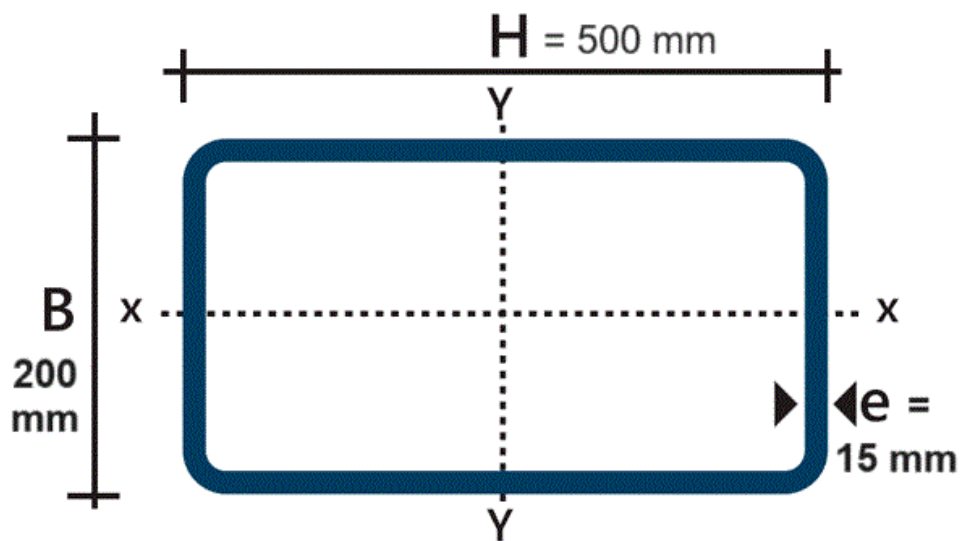
**Tabla 10**

*Número de Paneles de Yeso*

Ensayos a los paneles prefabricados	Muestras según porcentajes de fibras de panca de maíz en los paneles prefabricados			Total
	5%	7%	10%	
Resistencia a la flexión	3.00	3.00	3.00	9.00
Absorción de agua	3.00	3.00	3.00	9.00
Variación dimensional	3.00	3.00	3.00	9.00
Densidad	3.00	3.00	3.00	9.00
Total	12.00	12.00	12.00	36.00

**Figura 15**

*Dimensiones del Panel Drywall*



### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

##### **a. Observación**

Esta técnica implica el registro directo y sistemático de las características y comportamientos relevantes de los paneles Drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz. Los investigadores han observado y registran detalles como la obtención de las materias primas, la producción de los paneles de yeso, los ensayos y caracterización de la apariencia de los paneles de yeso.

##### **b. Registro de datos de campo**

La medición de datos sirve como medio para registrar datos como características y procedencia de los materiales, dosificación utilizada, entre otros datos presentes en la ejecución del proyecto.

##### **c. Ensayos de laboratorio**

Se llevan a cabo ensayos de laboratorio para evaluar y medir de manera precisa las propiedades físicas y mecánicas de los paneles Drywall con adición de fibras de panca de maíz. Estos ensayos incluyen pruebas de resistencia a flexión, absorción, densidad y variación dimensional.

##### **d. Comparación técnica y económica**

Se comparan y analizan los resultados obtenidos de los paneles Drywall con adición de fibras de panca de maíz con aquellos de los paneles Drywall convencionales sin la adición de fibras. Esto permite determinar si la adición de fibras de panca de maíz mejora o afecta las propiedades físico-mecánicas de los paneles. Así mismo, se contrasta los beneficios económicos y de los costos económicos para la elaboración de paneles convencionales y paneles drywall de yeso con fibras de panca de maíz.

### **3.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

En síntesis, estos instrumentos de recolección de datos han permitido registrar de manera sistemática y organizada la información fotográfica, los resultados de los ensayos y las mediciones de las propiedades físicas y mecánicas de los paneles Drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz durante la investigación.

#### **a. Registro fotográfico**

Instrumento que permite mostrar lo observado en campo, por ende, es un medio de recolección de datos, durante todo el proceso de ejecución de la investigación. Se utiliza una cámara o dispositivo fotográfico para capturar imágenes de los paneles Drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz. Estas fotografías son útiles para documentar el aspecto visual de los paneles, así como cualquier deformación, grietas u otros cambios físicos que puedan ocurrir durante los ensayos o pruebas.

#### **b. Cuaderno de campo**

Instrumento de proceso de indagación, tales como cantidad de panca de maíz, yeso, de cola sintética, de silicato de sodio y de agua para el proceso de diseño de mezclas para producir los paneles Drywall. Pero, además, en este formulario estructurado se registra cualquier información de interés.

#### **c. Formatos de ensayos de laboratorio**

Hay formatos o protocolos específicos para cada ensayo de laboratorio realizado en los paneles Drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz. Estos formatos detallan los procedimientos y criterios de calibración utilizados para realizar los ensayos, así como los dispositivos empleados y las mediciones registradas. Estos formatos de ensayo de laboratorio garantizan la uniformidad y

estandarización de los datos recolectados. Siendo así, se han usado los formatos de ensayo del laboratorio GSE – Chota, no obstante, los mismos están elaborados conforme a las disposiciones de las normas técnicas peruanas (NTP) vigentes, y la ASTM “American Society for Testing and Materials”.

***Formatos de ensayos físicos de las fibras de panca de maíz.*** Hojas de cálculo donde se muestran los resultados de los ensayos físicos a las fibras de panca de maíz, tal como, su granulometría, contenido de humedad y peso específico, que sirven para calcular la dosificación o cuantía de las fibras dentro de la mezcla de yeso para la producción de los paneles drywall.

***Formato de ensayos físicos y mecánicos de los paneles drywall.*** Son aquellos resultados de los ensayos de laboratorio de los paneles drywall con diferentes porcentajes de adición de fibras de panca de maíz. Los ensayos que, se han planteado son: variación dimensional, absorción, densidad de masa, peso de unidad y resistencia a flexión de los paneles de yeso.

#### **d. Matriz de análisis y comparación**

Esta herramienta se utiliza para comparar y analizar los resultados obtenidos de los diferentes paneles Drywall estudiados. La matriz incluye criterios de evaluación, como la resistencia a flexión, absorción, densidad, peso y variación dimensional, por lo que, permite comparar las propiedades de los paneles convencionales descritos en base a la NTP 334.185 (INACAL, 2020) y la norma interna (Gyplac, 2023); y los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz. Esto ayuda a determinar si hay mejoras o cambios significativos en las propiedades físicas y mecánicas con la adición de estas fibras. Siendo así, es un instrumento que nos permite un adecuado análisis de datos y efectos conseguidos tanto en campo como en laboratorio de los paneles prefabricados de yeso.

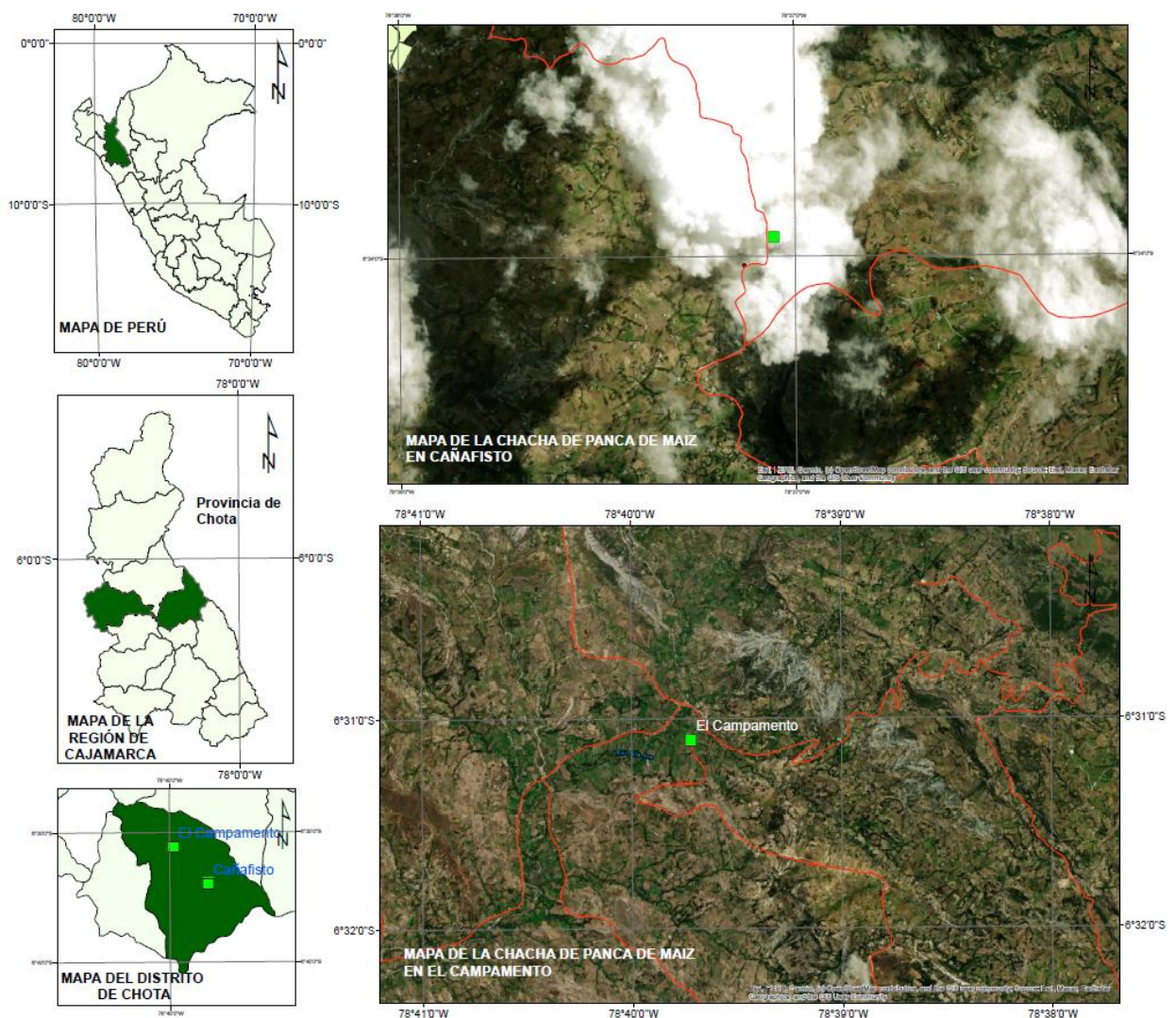
### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### 3.6.1. Proceso de obtención de los datos

##### 3.6.1.1. Extracción de las fibras de la panca de maíz

La panca de maíz, residuo agrícola, necesario para producir las fibras de panca de maíz se ha extraído de dos centros poblados, el centro poblado de Cañafisto y el centro poblado El Campamento ambos situados en el distrito de Chota, respectivamente en las coordenadas UTM WGS84 17S de 763459.73 m E, 9273619.71 m S a 2743 msnm, y en 758566.76 m E, 9278898.04 m S a 2290 msnm.

**Figura 16** Ubicación de las Chacras con Panca de Maíz en Chota



**Tabla 11***Ubicación de las Chacras con Panca de Maíz en Chota*

Centro poblado	Coordenadas UTM WGS84 17S		Altitud media msnm)
	Este (m E)	Norte (m S)	
Cañafisto	763459.73	9273619.71	2743
El Campamento	758566.76	9278898.04	2290

En los emplazamientos antes descritos se adquirió la materia prima (panca de maíz), la cual fue trasladada al laboratorio GSE – Chota, para proceder al desmenuzando de las fibras en partes más pequeñas de forma manual y el triturado usando un molino. Siendo así, el proceso de cortado manual de panca de maíz para obtener fibras de panca de maíz implica los siguientes materiales y pasos:

**a) Materiales y/o herramientas**

- Panca de maíz: La panca de maíz es el residuo vegetal que queda después de extraer los granos de maíz de la mazorca. Es importante asegurarse de contar con suficiente cantidad de panca de maíz para obtener las fibras necesarias.
- Cuchillo o tijeras: Se requiere una herramienta de corte afilada, como un cuchillo o unas tijeras, para cortar la panca de maíz en fibras.
- Molino: Para triturar las partes cortadas en fibras más pequeñas se usa un molino manual, mismo que, generalmente se utiliza para moler maíz.

**b) Proceso de cortado manual:**

**Selección y preparación de la panca de maíz:** Selecciona la panca de maíz que deseas utilizar y retira cualquier impureza, como hojas o tallos. Asegúrate de que la panca esté seca y en buenas condiciones.

**Preparación del área de trabajo:** Prepara un área de trabajo limpia y despejada donde puedas realizar el corte de la panca de maíz de manera segura.

**Corte de la panca:** Toma una hoja de panca de maíz y sostenla firmemente con una mano. Con la otra mano, utiliza el cuchillo o las tijeras para realizar cortes longitudinales en la panca. Estos cortes pueden tener una longitud y una anchura variable, dependiendo del tamaño de las fibras que deseas obtener. Ten cuidado de no cortarte y mantén los dedos alejados del filo del cuchillo o de las hojas de las tijeras.

**Figura 17** *Proceso de Secado y Cortado de las Pancas de Maíz*



**Molienda:** Se muele la panca de maíz trozos gruesos para convertirlos en filamentos pequeños, solo se realiza con aquellas partes que, no se hayan podido desprender durante el cortado. El diámetro de la fibra de pancas de maíz es de 500 a 600  $\mu\text{m}$  y el tamaño medio es de 1 a 10 mm.

**Figura 18** *Proceso de Trituración de las Pancas de Maíz*



**Desprendimiento de las fibras:** Una vez que hayas realizado los cortes longitudinales y/o trituración con molino, puedes separar las fibras de la panca de maíz aplicando una ligera presión con los dedos a lo largo de los cortes. Se puede repetir este proceso con cada hoja de panca de maíz hasta obtener la cantidad deseada de fibras.

**Limpieza y almacenamiento:** Luego de obtener las fibras de panca de maíz, asegúrate de eliminar cualquier residuo o impureza que pueda haber quedado. Las fibras pueden almacenarse en un recipiente o bolsa adecuada, evitando la humedad y la exposición a factores que puedan afectar su calidad.

### **Figura 19**

*Material Molido de las Pancas de Maíz: Fibras*



Es importante recordar que el proceso de cortado manual puede requerir tiempo y esfuerzo, por lo que se pueden explorar opciones de maquinaria o equipos especializados en el procesamiento de fibras vegetales para agilizar y facilitar esta tarea. Además, se recomienda seguir todas las precauciones de seguridad al utilizar herramientas de corte.

### 3.6.1.2. Ensayo de las fibras de panca de maíz

Obtenida la fibra de panca de maíz en el laboratorio GSE de Chota, se realizaron los ensayos de caracterización de las fibras, tales como: granulometría, densidad y contenido de humedad, con la finalidad de describir las condiciones del material adicionante. Para realizar los ensayos de NTP 400.012 análisis granulométrico (INACAL, 2021), NTP 400.022 densidad (INACAL, 2021) y NTP 339.185 humedad (INACAL, 2021) en fibras de panca de maíz, se requieren los siguientes materiales y se sigue el siguiente proceso:

#### a) Materiales:

- Muestra de fibras de panca de maíz: Se necesita una muestra representativa de las fibras de panca de maíz que se va a analizar. Esta muestra debe ser previamente preparada y representativa de la totalidad de las fibras.
- Balanza: Se utiliza para medir la masa de las muestras.
- Tamices de diferentes aberturas: Para el análisis granulométrico se utilizan tamices de diferentes aberturas (mallas) que permitan separar las partículas de diferentes tamaños. El diámetro de los tamices utilizados fue N° 4 (4.75 mm), N° 8 (2.36 mm), N° 16 (1.18 mm), N° 30 (600  $\mu\text{m}$ ), N° 100 (150  $\mu\text{m}$ ).
- Cilindro graduado: Se utiliza para determinar la densidad de las fibras.
- Horno: Se requiere para el ensayo de humedad y secar las muestras.

#### b) Análisis granulométrico de las fibras de panca de maíz:

**Preparación de la muestra:** Se toma una muestra representativa de fibras de panca de maíz y se limpia de cualquier impureza visible.

**Tamizado:** Se coloca la muestra en el tamiz de mayor abertura y se procede a agitar o tamizar durante un tiempo determinado. Luego, se pesa la fracción retenida en ese tamiz y se registra.

**Repetición del proceso:** Se repiten los pasos de tamizado para cada tamiz con una abertura más pequeña, hasta llegar al tamiz de menor abertura.

**Registro de datos:** Se registra la masa retenida en cada tamiz y se calcula el porcentaje acumulado de material retenido en cada rango de tamaño.

**Figura 20**

*Análisis Granulométrico de las Fibras de Panca de Maíz*



**Figura 21**

*Pesado de las Cantidades Retenidas en las Mallas*



**c) Densidad de las fibras de panca de maíz:**

- Preparación de la muestra: se toma una muestra de fibra de harina de maíz y se pesa en una balanza para determinar su masa.

- Tomar una muestra representativa del agregado fino y secarla en la bandeja a temperatura ambiente hasta que alcance un peso constante. Esto asegurará que la muestra esté libre de humedad y que su peso sea preciso.
- Una vez que la muestra esté seca, pesarla en la balanza de precisión y anotar su peso.
- Llenar la probeta de 1 litro hasta una marca de referencia con agua.
- Colocar la muestra seca en la probeta llena de agua, asegurándose de que no queden burbujas de aire atrapadas en la muestra.
- Registrar el volumen inicial de agua en la probeta.
- Agitar suavemente la probeta para asegurarse de que la muestra se haya sumergido completamente en el agua.
- Dejar reposar la probeta durante un tiempo para permitir que se asienten las partículas más pesadas.
- Después de un tiempo de reposo adecuado, medir y registrar el volumen final de agua en la probeta.

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Volumen final de agua} - \text{Volumen inicial de agua}} \quad (5)$$

## Figura 22

*Proceso de Realización del Ensayo de Peso específico de la Panca de Maíz*



**Figura 23**

*Muestra de Panca de Maíz Durante el Ensayo de Peso Específico*



**d) Contenido de humedad de las fibras de panca de maíz:**

**Preparación de la muestra:** Tomar una muestra de fibra de tortilla y pesarla en una balanza.

**Secado de la muestra:** Colocar la muestra en un horno a una temperatura y tiempo determinados para secar completamente las fibras y eliminar la humedad de estas fibras de panca de maíz.

**Pesaje de la muestra seca:** Una vez seca la muestra, se saca del horno y se vuelve a pesar en una balanza.

**Figura 24** *Contenido de Humedad de las Fibras de Panca de Maíz y el Yeso*



### 3.6.1.3. Ensayo del yeso

Se han realizado los ensayos físicos del yeso para conocer sus propiedades y verificar que, concuerden con las fichas técnicas comerciales. El Yeso que se ha utilizado fue adquirido de una ferretería local. Para realizar las prácticas de NTP 400.012 análisis granulométrico (INACAL, 2021), NTP 400.022 densidad (INACAL, 2021), NTP 339.185 humedad (INACAL, 2021) y NTP 334.135 tiempo de fraguado en yeso (INACAL, 2023), se requieren los siguientes materiales y se sigue el siguiente proceso:

#### a) Materiales:

- Muestra de yeso: Se necesita una muestra representativa del yeso que se va a analizar. Esta muestra debe ser previamente preparada y representativa de la totalidad del yeso.
- Tamices de diferentes aberturas: Para el análisis granulométrico se utilizan tamices de diferentes aberturas (mallas) que permitan separar las partículas de diferentes tamaños.
- Cilindro graduado: Se utiliza para determinar la densidad del yeso.
- Horno: Se requiere para el ensayo de humedad y secar las muestras.
- Cronómetro: Se utiliza para medir el tiempo de fraguado del yeso.

#### b) Análisis granulométrico:

- Se toma una muestra representativa de yeso.
- Se coloca la muestra en el tamiz de mayor abertura y se procede a agitar o tamizar durante un tiempo determinado. Luego, se pesa la fracción retenida en ese tamiz y se registra.
- Se registra la masa retenida en cada tamiz y se calcula el porcentaje acumulado de material retenido en cada rango de tamaño.

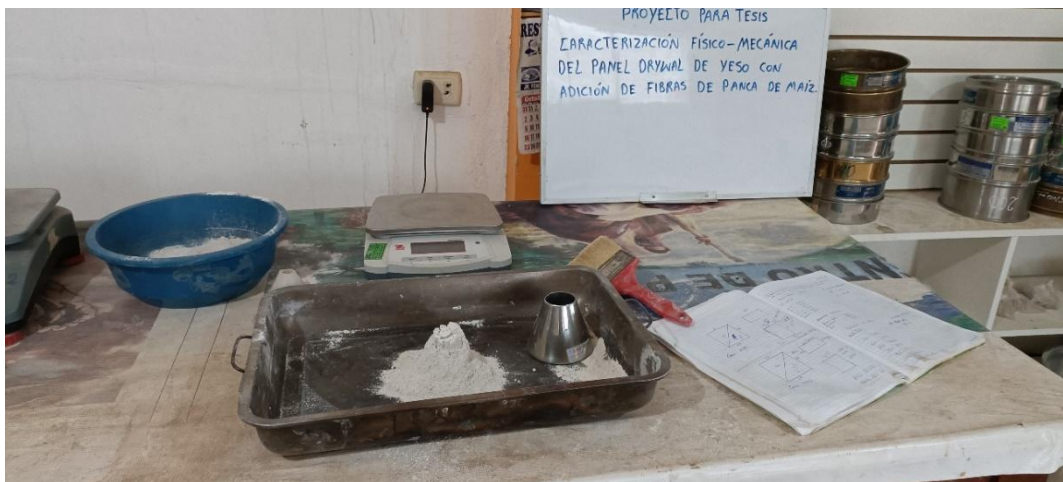
**c) Densidad:**

- Se toma una muestra de yeso y se pesa en una balanza.
- Se mide el volumen del yeso colocando la muestra en una probeta en estado Saturado Superficialmente Seco según NTP 400.022 (INACAL, 2021).

**Figura 25** *Ensayo de Peso Específico del Yeso*



**Figura 26** *Estado Saturado Superficialmente Seco del Yeso*



**d) Determinación del contenido de agua:**

- Tomar una muestra de yeso y pesarla en una balanza.
- La muestra se coloca en un horno a una temperatura y tiempo específicos para secar completamente el yeso y eliminar la humedad.
- Una vez seca la muestra, se saca del horno y se vuelve a pesar en una balanza.

**e) Tiempo de fraguado:**

Este ensayo evalúa el tiempo que tarda el yeso en endurecerse después de su mezcla con agua. Se prepara una muestra de yeso según las instrucciones del fabricante y se coloca en un recipiente adecuado. Se inicia un cronómetro y se comprueba periódicamente la resistencia del yeso a la penetración con un objeto puntiagudo. El tiempo de fraguado se considera cuando el yeso no permite la penetración.

**f) Propiedades físicas del yeso:**

En base a los ensayos físicos al yeso se ha verificado que, este presenta características físicas similares a las dadas en la ficha técnica del mismo.

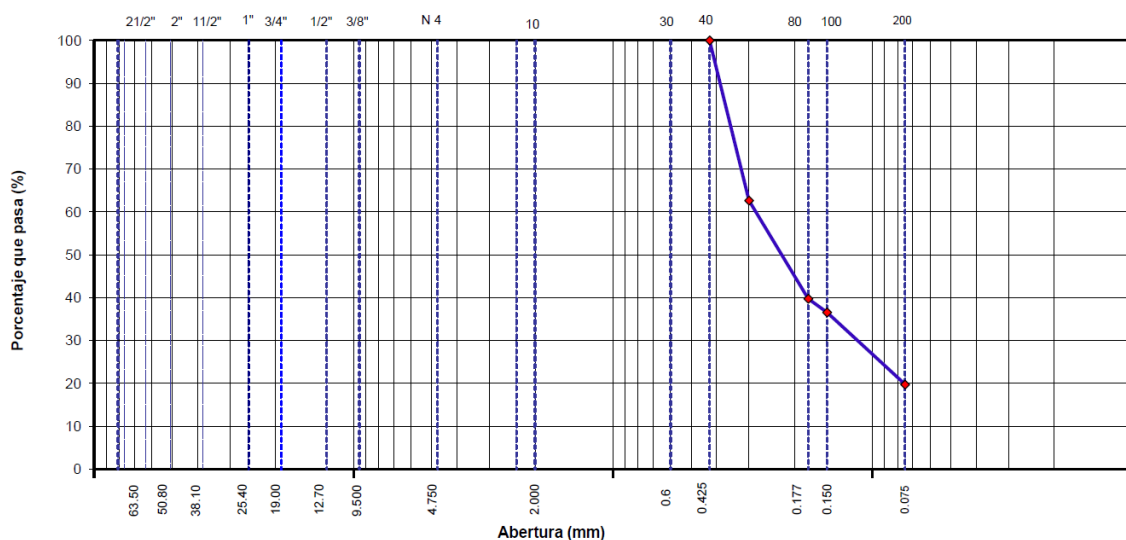
**Tabla 12**

*Características del Yeso*

Características					
Color	Tiempo de fraguado	Tiempo final	Gradación	Humedad	Peso específico
Blanco	3-5 minutos	26-29 minutos	Granular (81.2%)	2.85%	1264 kg/m <sup>3</sup>

**Figura 27**

*Curva Granulométrica del Yeso*



### 3.6.1.4. Cálculo de las dosificaciones de diseño de mezcla

El diseño base se ha planteado tomando como guía los antecedentes de la presente investigación, tomando un diseño base de 100% yeso al cual se le ha adicionado fibras al 5%, 7% y 10% del peso, en combinación con el 10% y 12% de silicato y goma respecto al peso de las fibras de panca de maíz, y 60% de agua en relación al peso del yeso, obteniendo la proporción en peso de los materiales.

**Tabla 13**

*Dosificaciones de Materiales para la Producción de Paneles*

Muestra	Fibras	Yeso	Agua	Silicato	Goma
P1	5%	100%	60%	10%	12%
P2	7%	100%	60%	10%	12%
P3	10%	100%	60%	10%	12%

**Tabla 14**

*Cuantía de Materiales (kg) para la Producción de Paneles de 50x20x1.5 cm*

Muestra	Yeso (kg)	Fibras (kg)	Agua (kg)	Silicato (kg)	Goma (kg)
5%	1.88	0.094	1.13	0.009	0.011
7%	1.88	0.132	1.13	0.013	0.016
10%	1.88	0.188	1.13	0.019	0.023

**Figura 28**

*Cálculo del Diseño de Mezclas por Parte del Tesista*



### 3.6.1.5. Elaboración de los moldes de madera para los paneles drywall

Se elaboraron moldes de madera de 15 cm de ancho, 20 cm de largo y 1.5 cm de espesor para paneles drywall más pequeños para los ensayos de absorción y densidad, pero también se elaboraron moldes de las dimensiones normales del panel drywall siendo 50 cm de largo, 20 cm de ancho y un espesor de 1.5 cm para los ensayos de variación dimensional y resistencia a la flexión; ambos moldes concuerdan con las dimensiones dadas en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

**Figura 29**

*Moldes de 15x20x1.5 cm de Madera*



**Figura 30**

*Vista de los Moldes de Madera para Paneles de Yeso*



### 3.6.1.6. Elaboración de paneles drywall

Una vez que, se tiene el diseño de mezcla para cada dosificación de materiales (yeso, fibra de panca de maíz, agua, silicato y goma o cola sintética), se procede a la elaboración de las probetas de los paneles drywall. Para fabricar paneles de drywall de forma manual con los materiales mencionados, se necesita seguir los siguientes pasos:

**Preparación de los materiales:** Se deben tener todos los materiales necesarios. El yeso debe estar en forma de polvo y la fibra de panca de maíz debe estar limpia y seca. Además, se debe tener agua, goma sintética y silicato para la mezcla.

**Figura 31** *Silicato de Sodio Utilizado para Mineralizar las Fibras de Panca de Maíz y Hacerle Resistente a Agentes Externos como Microorganismos*



**Figura 32** *Cola Sintética para Unir las Fibras con Mayor Facilidad*



**Adición de silicato y goma o cola sintética:** Se forma una mezcla líquida de silicato, goma sintética y un poco de agua a fin de que, presente una consistencia pastosa. A continuación, se debe agregar la mezcla líquida a la fibra de panca de maíz. El silicato actúa como estabilizador y mejora la resistencia del panel; mientras que, la cola sintética se utiliza como agente aglutinante para mejorar la cohesión de los materiales y garantizar una mayor resistencia en los paneles. Se debe mezclar energicamente hasta obtener una masa homogénea.

**Figura 33**

*Mezclado de la Cola Sintética y Silicato de Sodio en Agua*



Nota: Se puede observar la forma de las fibras sin el contenido de la solución.

**Figura 34**

*Fibras Mezclado con la Solución de Silicato y Cola Sintética*



**Mezcla de los materiales principales (yeso, fibra de panca de maíz y mezcla líquida):** En un recipiente grande, se debe verter una cierta cantidad de yeso en polvo y luego agregar la fibra de panca de maíz. Luego se agrega la mezcla líquida de silicato y goma sintética, formando una mezcla sólida consistente.

**Figura 35**

*Mezcla del Yeso con las Fibras de Panca de Maíz Previo al Vertimiento de Agua*



**Mezcla de agua:** Una vez que los materiales secos estén bien mezclados, se debe agregar agua gradualmente y mezclar continuamente hasta obtener una pasta uniforme y sin grumos. Se debe tener cuidado de no agregar demasiada agua, ya que esto puede afectar la calidad y resistencia de los paneles.

**Moldeado y secado:** Una vez que la mezcla esté lista, se debe verter en un molde previamente preparado en la forma y tamaño deseado para los paneles. Se debe nivelar y alisar la superficie de la mezcla con una espátula u otro utensilio similar. Posteriormente, los paneles deben ser dejados secar durante un período de tiempo específico, alrededor de 24 a 48 horas.

**Figura 36**

*Colocación de la mezcla en el Molde*



**Figura 37**

*Vaciado de la Mezcla en los Moldes para su Chuseado y Compactación*



**Figura 38**

*Paneles Producidos con Fibras al 5%*



**Control y cuidado en el proceso de secado:** Se realiza un estricto cuidado del proceso de secado de los paneles de yeso para que no se vean afectadas de alguna manera sus propiedades. Generalmente basta con 7 días de secado, pero en el estudio se han analizado a los 28 días de elaborados los paneles.

**Acabado:** Una vez que los paneles estén completamente secos, se pueden lijar suavemente para eliminar cualquier imperfección en la superficie.

**Almacenamiento de los paneles drywall:** Se almacenan en lugares adecuados donde no tenga contacto con alguna sustancia que pueda dañar a dichos paneles. En el caso del estudio se han almacenado en el mismo laboratorio GSE de la ciudad de Chota.

### **3.6.1.7. Ensayos en paneles prefabricados**

#### **a. Resistencia a la flexión**

El ensayo de flexión se realiza en cada una de las 3 muestras de dosificaciones de acuerdo a la NTP 334.185 (INACAL, 2020). El método de ensayo es el siguiente.

- Antes del ensayo, las probetas se secan hasta alcanzar un peso constante a una temperatura de  $40 \pm 2$  °C y el ensayo se realiza en los 10 minutos siguientes al secado de las probetas en el horno.
- Cada probeta se coloca en el dispositivo de carga, con la probeta cortada longitudinalmente a lo largo de la placa hacia abajo y la probeta cortada perpendicularmente a la placa hacia arriba, sobre dos soportes cilíndricos paralelos de radios comprendidos entre 3 mm y 15 mm, con centros separados ( $350 \pm 1$  mm).
- Las cargas se aplicaron mediante rodillos cilíndricos de radios de 3 mm a 15 mm centrados a  $\pm 2$  mm de distancia, paralelos a los soportes, a una velocidad

de  $(250 \pm 125)$  N/min. Cada valor de carga de rotura se registra con una precisión de 1 Newton.

$$F = \frac{P_u \times l}{b \times t^2} \quad (1)$$

Donde: f Resistencia a la flexión (Kg/cm<sup>2</sup>), P<sub>u</sub> Carga de rotura (Kg), L Luz entre ejes de apoyos (cm), b Ancho de la unidad (cm), t Altura (cm).

### Figura 39

*Ensayo de Resistencia a la Flexión en los Paneles de Yeso*



### Figura 40

*Máquina Universal para Ensayo de Flexión*



**Figura 41**

*Colocación del Panel de Yeso en la Máquina de Rotura a Flexión*



**Figura 42**

*Registro de Carga de Rotura del Ensayo a Flexión*



**b. Ensayo de absorción de agua**

Para analizar la absorción de agua de los paneles de yeso se ha seguido la NTP 334.185 (INACAL, 2020) la cual divide el procedimiento en determinación de la capacidad de absorción de agua y determinación de la absorción total, tal como, se describe:

**Determinación de la capacidad de absorción de agua:** La masa de la muestra se determinó utilizando una balanza con precisión de 0.1 g, que corresponde a la

masa seca natural. Para determinar la masa saturada, la muestra se sumerge en un baño de agua a  $23\pm 2^\circ$  durante 2 horas  $\pm$  2 minutos. Después, se saca la muestra del baño de agua, se elimina el exceso de agua de la superficie y los bordes de la muestra y se mide la masa en gramos en una balanza de laboratorio con una precisión de 0.1 gramos. Por último, se mide la masa de la muestra en gramos para determinar la masa seca. Por último, para determinar la masa seca, las muestras saturadas se colocaron en un horno a  $50^\circ\text{C}$  durante 12 horas para que se secan completamente.

**Determinación de la absorción total:** Se sigue el mismo procedimiento que, para determinar la capacidad de absorción de agua, solamente varía el tiempo de sumersión en contacto con el agua, siendo de 1 día.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{P \text{ sat.} - P \text{ seco}}{P \text{ seco}} \times 100 \quad (1)$$

En lo cual: Pseco Peso de la unidad seca (gr), Psat Peso de la unidad saturada (gr).

**Figura 43**

*Ensayo de Absorción en Muestras Sumergidas en Agua*



**Figura 44**

*Paneles de Yeso Sumergidos en Agua para el Ensayo de Absorción*



**Figura 45**

*Pesado de los Paneles de Yeso en Estado Húmedo*



### **c. Ensayo de densidad**

De acuerdo a la NTP 334.185 (INACAL, 2020) el procedimiento para el ensayo de densidad realiza siguiendo los siguientes pasos:

- Se preparan tres muestras de ensayo. Se pesan las muestras.
- Se miden las dimensiones de las muestras.
- Se calcula la densidad dividiendo la masa de cada muestra en kg por el volumen en m<sup>3</sup> determinado a partir de las dimensiones medidas de la muestra. La densidad debe ser la media de tres resultados diferentes, redondeada al número entero más próximo en kg/m<sup>3</sup>.

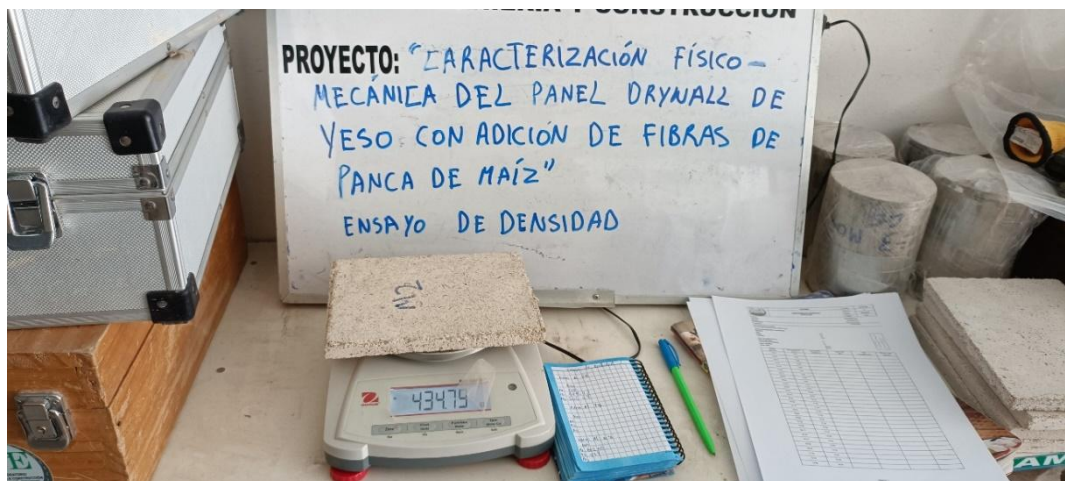
**Figura 46**

*Ensayo de Densidad en los Paneles de Yeso*



**Figura 47**

*Pesado de los Paneles de Yeso*



**d. Ensayo de variación dimensional**

Para determinar la variación dimensional se debe medir el ancho, largo, grosor y curvatura de un panel de yeso, siguiendo los pasos:

**Medir el ancho y largo:** Se coloca el panel de yeso en posición horizontal sobre la superficie plana. Utilizando la cinta métrica, se mide el ancho del panel desde un borde hasta el otro paralelo a la longitud de este. Después, se mide la longitud del panel desde uno de los extremos hasta el otro paralelo al ancho.

**Medir el grosor:** Utilizando el calibrador, se abre las mandíbulas y se coloca en uno de los bordes del panel de yeso, presionando suavemente para evitar que se deforme. Se lee la medida que indica el calibrador y se anota. Se repite este proceso en varios puntos a lo largo del panel para asegurarte de que el grosor es uniforme. Se promedian las medidas para obtener el grosor final.

**Medir la curvatura:** Para determinar si el panel de yeso tiene algún grado de curvatura, se utiliza la regla flexible. Se coloca la regla flexible en diferentes puntos del panel, asegurándose de que esté en contacto con toda la superficie. Se observa si hay algún espacio entre la regla y el panel, lo cual indicaría una curvatura. Si la regla se ajusta perfectamente al panel en todos los puntos, significa que está plano.

**Figura 48**

*Toma de Medidas para el Ensayo de Variación Dimensional*



### 3.6.1.8. Ensayos en paneles comerciales

En una ferretería local de la ciudad de Chota, se adquirió el panel comercial “Placa de Yeso ST extraliviana 12.7 mm” de Gyplac sistema drywall de 1.22 m x 2.44 m, cuya ficha técnica se presenta en el anexo D, por el costo de 37 soles. En estos paneles comerciales, aun teniendo su ficha técnica, se optó por realizar los ensayos físicos mecánicos realizados a los paneles prefabricados con fibras de maíz. Siendo así, se realizó el ensayo de flexión, absorción de agua (divide el procedimiento en determinación de la capacidad de absorción de agua y determinación de la absorción total) y densidad en cada una de las 3 muestras de acuerdo a la NTP 334.185 (INACAL, 2020), tal como en el acápite anterior 3.6.1.7. Esto se hizo con la finalidad de poder contrastar técnicamente los paneles comerciales con los paneles prefabricados con fibras de panca de maíz.

El panel comercial cumple con la variación dimensional, absorción y módulo de resistencia a flexión dado en la NTP 334.185 (INACAL, 2020) para paneles extralivianos, obteniendo absorción de 23.50% y módulo de resistencia a flexión de 214.59 N/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 15**

*Propiedades Físico Mecánicas de los Paneles Comerciales*

<b>Propiedad físico mecánica</b>	<b>Paneles comerciales</b>	<b>Para placa extraliviana (NTP 334.185, INACAL, 2020)</b>	
<b>Variación dimensional</b>			
Largo (mm)	0.61	5	Máx.
Ancho (mm)	0.44	4	Máx.
Espesor (mm)	0.00	4	Máx.
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0.52	No aplica	
<b>Peso (kg)</b>	20.20	No aplica	
<b>Absorción (%)</b>	23.50	25	Máx.
<b>Módulo de resistencia a flexión (N/cm<sup>2</sup>)</b>	214.59	210	Mín.

**Figura 49**

*Panel Comercial Adquirido y Cortado Conforme a Norma para Realizar los Respectivos Ensayos de Laboratorio*



**Figura 50**

*Ensayo de Flexión en Paneles Comerciales*



### **3.6.2. *Procesamiento de datos***

Se han organizado los datos recopilados en una estructura lógica, usando hojas de cálculo o bases de datos para facilitar su manipulación y análisis. Se han importado los datos recopilados de las características de los paneles de drywall de yeso con fibras de panca de maíz en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2022. Luego se han aplicado técnicas de agrupamiento, asociación y organización para

resumir los datos mediante la estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación), sintetizándolos en gráficos y tablas resumen para presentar de forma visual los resultados obtenidos.

### 3.6.3. *Análisis de datos*

Después de organizar los datos, se ha realizado el análisis estadístico para obtener información significativa, calculando estadísticas descriptivas como la media, mediana, desviación estándar para describir las propiedades físicas y mecánicas de las muestras; pero, además, se han realizado pruebas de hipótesis, como el análisis t-student, con el fin de comprobar el cumplimiento de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

### 3.7. Aspectos éticos

Es importante tener en cuenta los aspectos éticos: (Bautista, 2022)

**Beneficio social - técnico - ambiental:** Se deben considerar los posibles beneficios que esta investigación puede brindar a la sociedad, tanto desde el punto de vista social como técnico y ambiental. Por un lado, el estudio puede contribuir al desarrollo y mejora de los métodos de construcción, ofreciendo una alternativa más sostenible y eficiente en términos de materiales. Además, al utilizar fibras de panca de maíz, se promueve el uso de recursos renovables y se reduce el impacto ambiental en comparación con otros materiales convencionales.

**Confiabilidad de los resultados:** Es esencial garantizar la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos en la investigación. Esto implica seguir los protocolos y métodos de ensayo adecuados, utilizar muestras representativas y realizar un análisis riguroso de los datos recolectados. Además, es importante que los experimentos se realicen de manera transparente, evitando el sesgo y asegurando la reproducibilidad de los resultados.

**Veracidad de la información:** La veracidad y exactitud de la información obtenida y presentada en la investigación son fundamentales. Los investigadores deben ser honestos y transparentes en la comunicación de los resultados, evitando la manipulación o falsificación de datos. Cualquier error o sesgo en la información presentada puede tener consecuencias negativas tanto para la comunidad científica como para el público en general. Además, es importante citar adecuadamente las fuentes y reconocer el trabajo de otros investigadores si corresponde.

**Uso responsable de los resultados:** Utilizar los resultados de la investigación de manera responsable y ética. Esto implica presentar los resultados de manera precisa y sin distorsionar la información. Además, es importante tener en cuenta las posibles implicaciones de los resultados y considerar cómo pueden afectar a las personas o comunidades involucradas.

**Divulgación adecuada:** Comunicar los resultados de la investigación de manera clara y comprensible, tanto a nivel científico como al público en general. Es importante compartir los hallazgos de la investigación de manera transparente y fomentar la discusión y el debate informado.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de resultados

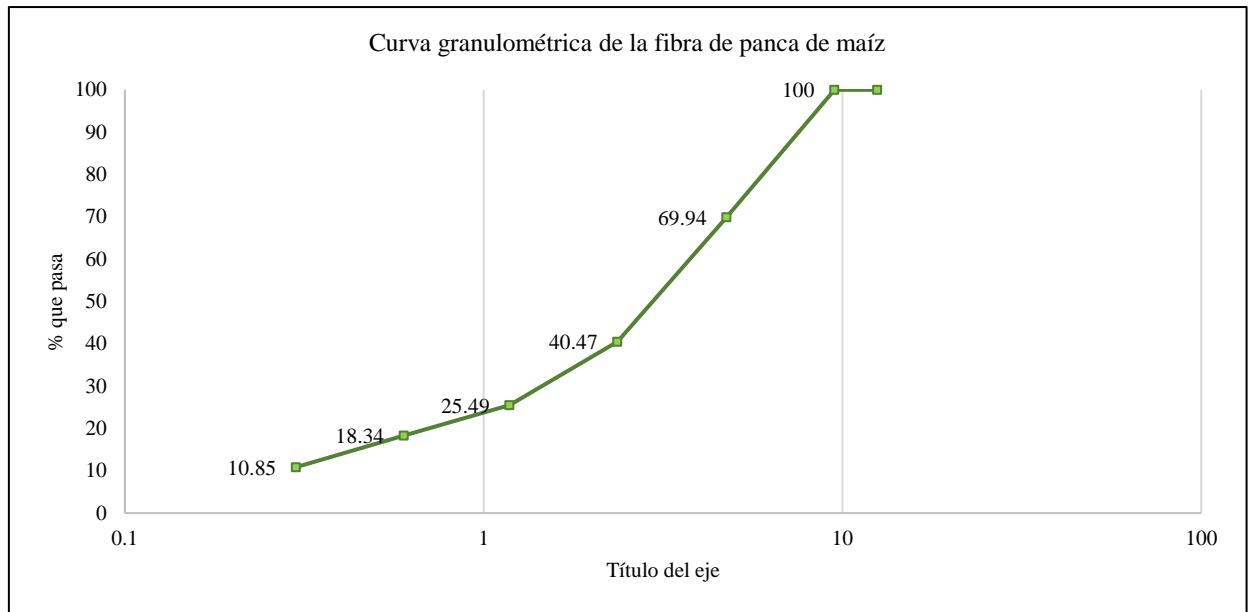
##### 4.1.1. *Características físicas de las fibras de panca de maíz*

La fibra de panca de maíz pertenece a la variedad de maíz INIA 604 – Morocho, tiene una consistencia granular, lo que significa que está compuesta por partículas pequeñas y uniformes con diámetros de 500 a 600  $\mu\text{m}$  y tamaños (longitud) de 1 a 10 mm. Esto se debe a que el 100% de los residuos agrícolas se encuentran en un rango de tamaño entre el tamiz N° 50 y el tamiz N° 4 (300  $\mu\text{m}$  a 4.75 mm); así mismo se comparó la curva granulométrica de la fibra de panca de maíz con el huso granulométrico de la arena dado en la NTP 400.037 (INACAL, 2021), verificando que, no se encuentra dentro del rango de un árido para concreto, pero como está no es su finalidad no existe problema en su uso y disposición en la producción de paneles de yeso. El módulo de finura de la fibra es de 4.9, lo que indica que su tamaño promedio es relativamente pequeño. Esto es importante, ya que una fibra fina puede ser más fácil de manipular y procesar en diversos procesos industriales. La humedad de la fibra de panca de maíz es de 4.28%, lo que sugiere que se encuentra en un estado seco. Esto es beneficioso ya que una baja humedad puede facilitar su almacenamiento y conservación a largo plazo. Por último, el peso específico de la fibra de panca de maíz es de 1193  $\text{kg}/\text{m}^3$ , esto indica que tiene una densidad relativamente alta, lo que puede ser ventajoso en aplicaciones donde se requiere resistencia y durabilidad, tal como, en la producción de paneles de yeso.

**Tabla 16** Características Físicas de las Fibras de Panca de Maíz

Color	Granular (%)	TMN	Módulo de finura (MF)	Humedad	Peso específico (kg/m3)
Amarillo	100	N° 4	4.9	4.28%	1193

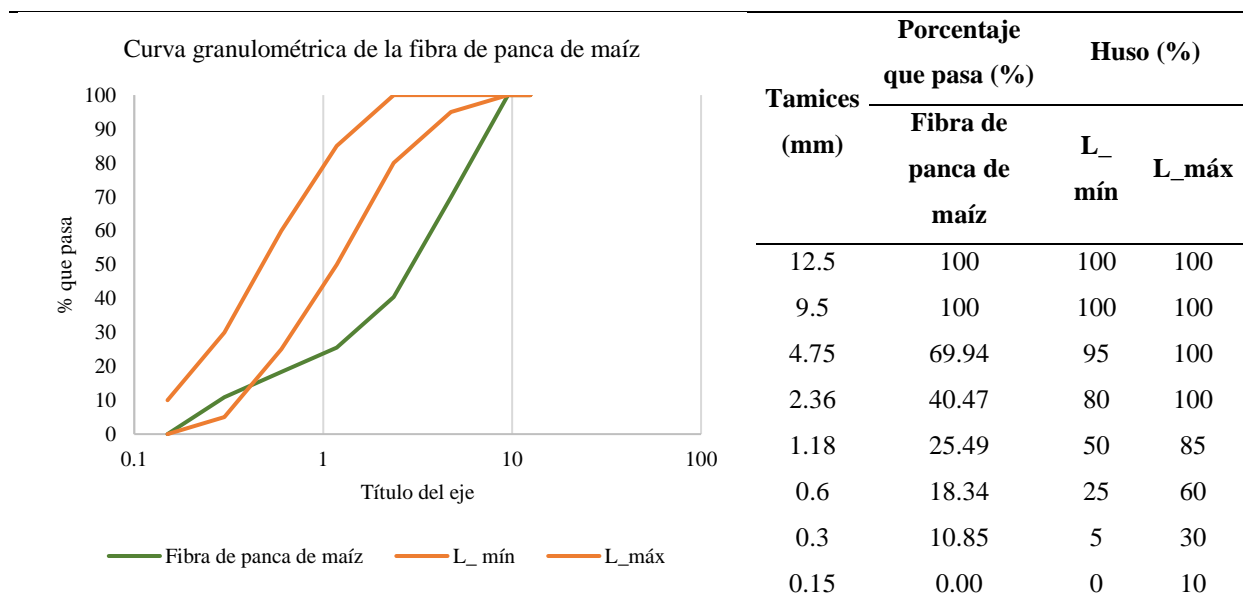
**Figura 51** Curva Granulométrica de la Fibra de Panca de Maíz



**Figura 52**

Comparación de la Gradación de la Fibra de Panca de Maíz con el Huso

Granulométrico del Árido Fino



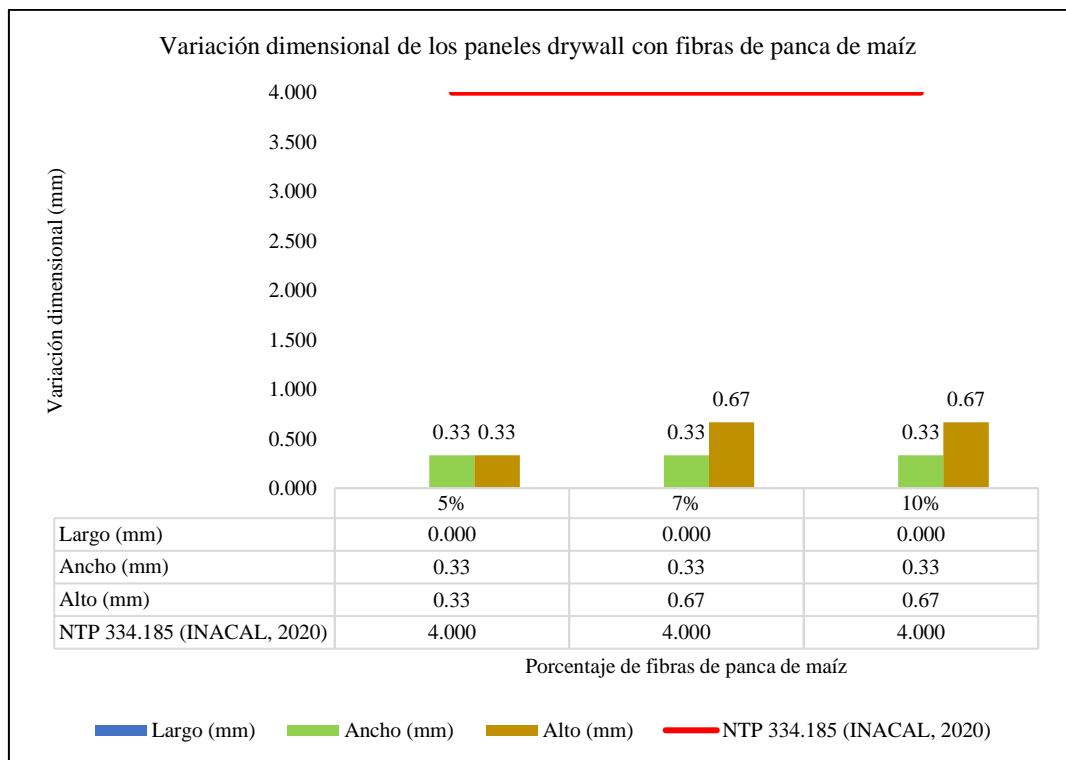
Nota: El huso granulométrico de árido fino se ha tomado de la NTP 400.037 (INACAL, 2021).

**4.1.2. Características físicas de los paneles drywall con fibras de panca de maíz**

los paneles drywall con fibras de panca de maíz cumplen con los límites establecidos por la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020) en cuanto a las variaciones dimensionales en largo, ancho y alto. Sin embargo, se observa que a medida que se añade una mayor proporción de fibras de panca de maíz, la variación dimensional en el espesor del panel de yeso aumenta. Esto se debe a que la adición de estas fibras hace que la mezcla sea más pastosa y genere irregularidades en el espesor del panel. A pesar de estas irregularidades, es importante destacar que los valores no superan los 4 mm. Esto significa que, aunque haya variaciones en el espesor del panel, estas irregularidades se consideran irrelevantes ya que se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma.

**Figura 53**

*Variación Dimensional de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*



**Tabla 17**

*Variación Dimensional del Largo (mm) de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Variación dimensional del largo (mm) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
Promedio	0.00	0.00	0.00
Máximo	0.000	0.000	0.000

**Tabla 18**

*Variación Dimensional del Ancho (mm) de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Variación dimensional del ancho (mm) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.33	0.33	0.33
Promedio	0.11	0.11	0.11
Máximo	0.33	0.33	0.33

**Tabla 19**

*Variación Dimensional del Espesor (mm) de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Variación dimensional del espesor (mm) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	0.33	0.67	0.00
2	0.33	0.33	0.67
3	0.00	0.00	0.67
Promedio	0.22	0.33	0.44
Máximo	0.33	0.67	0.67

Al adicionar un 5%, 7% y 10% de fibras de panca de maíz a los paneles drywall de yeso, se obtienen densidades de 1.097, 0.902 y 0.895 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Esto significa que a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de panca de maíz, la densidad de los paneles de yeso disminuye. Esto se debe a que las fibras de panca de maíz tienen una densidad menor que el yeso, por lo que su incorporación en la mezcla reduce la densidad total del panel.

Un panel más denso puede proporcionar ventajas en términos de resistencia y durabilidad. Al tener una mayor densidad, el panel puede ser más fuerte y resistente a la compresión y a los impactos. Esto puede ser beneficiosa en aplicaciones donde se requiere una alta resistencia estructural, como en construcciones de edificios y muros. Por otro lado, un panel menos denso puede ofrecer ventajas en términos de peso y facilidad de instalación. Al ser menos denso, el panel pesará menos, lo que podría facilitar su transporte, manipulación y montaje en obras. Además, su menor densidad permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en la instalación, especialmente en aplicaciones que requieren curvas o formas especiales. Por lo que, la NTP 334.185 (INACAL, 2020), tiene como requisito que, la densidad del panel no sea menor a 0.8 g/cm<sup>3</sup>.

Siendo así, es importante destacar que, los paneles drywall de yeso con fibras de panca de maíz de Chota a pesar de su disminución creciente de la densidad a medida que, se incrementa el porcentaje de fibras de panca de maíz, en todos los casos cumplen con el requisito establecido por la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020), que establece que la densidad en los paneles de yeso no debe ser inferior a 0.8 g/cm<sup>3</sup>. Esto garantiza que los paneles siguen siendo lo suficientemente densos y resistentes para su uso en aplicaciones de construcción, a pesar de ser más livianos que, otros paneles comerciales, considerando que, en peso los paneles

tienen menos de 8 kg de peso, límite de los paneles de (Gyplac, 2023), siendo así los paneles con fibras de panca de maíz tienen mayor facilidad para su instalación en obra puesto que son más livianos.

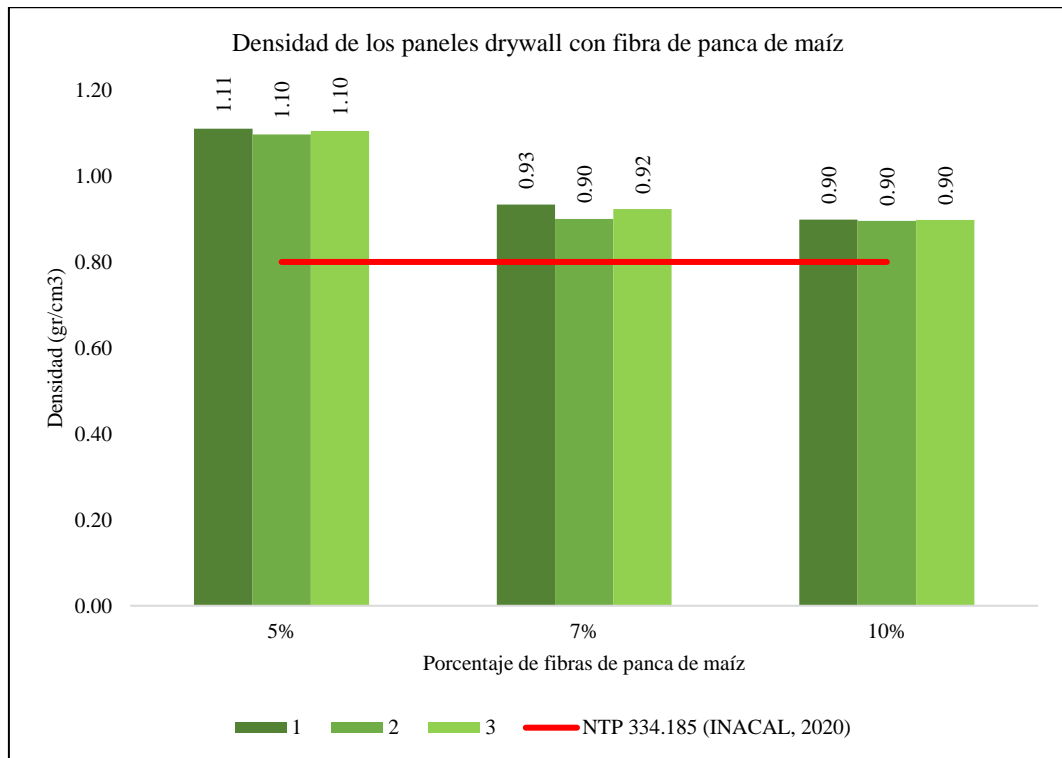
**Tabla 20**

*Densidad de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	1.11	0.93	0.90
2	1.10	0.90	0.90
3	1.10	0.92	0.90
Promedio	1.10	0.92	0.90
D.E.	0.007	0.017	0.002
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.097	0.902	0.895

**Figura 54**

*Densidad de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*



Los paneles drywall con fibras de panca de maíz tienen una creciente disminución del peso conforme se adicionan fibras de panca de maíz, siendo la diferencia entre los paneles con 5% y 10% de fibras de 652 gramos, así mismo, en todos los casos son más livianos que, los paneles comerciales (Gyplac, 2023).

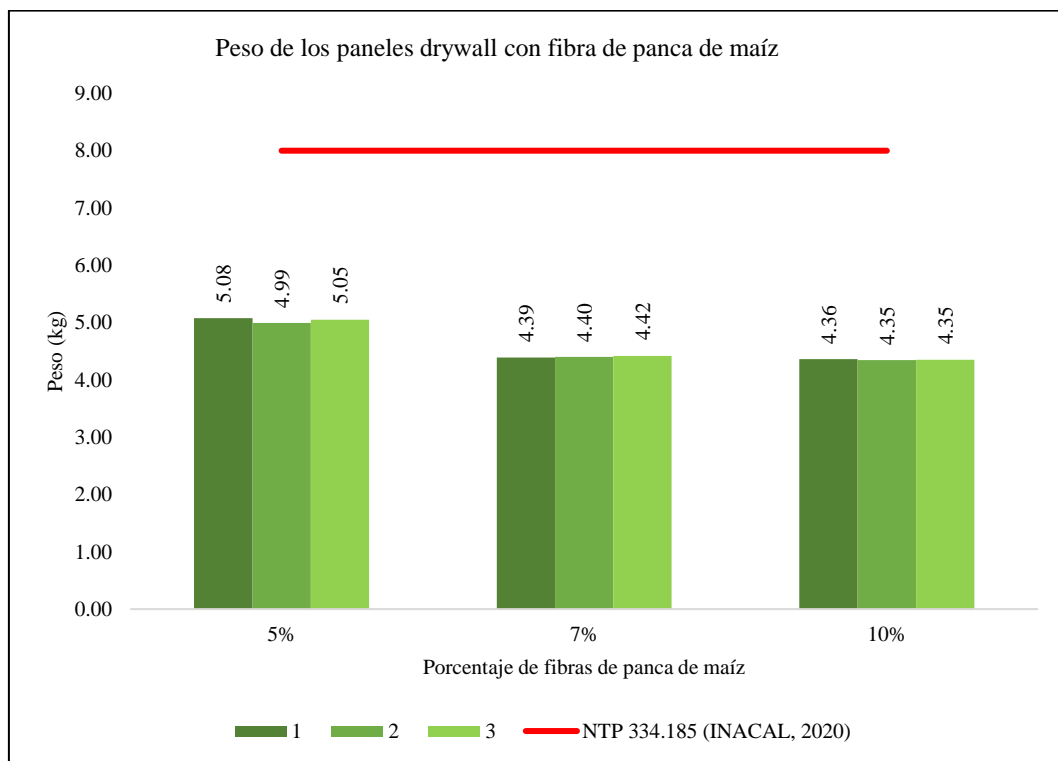
**Tabla 21**

*Peso de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Peso (kg) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	5.08	4.39	4.36
2	4.99	4.40	4.35
3	5.05	4.42	4.35
Promedio	5.04	4.40	4.35
D.E.	0.044	0.015	0.009
Peso (kg)	4.998	4.389	4.346

**Figura 55**

*Peso de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*



Al adicionar fibras de panca de maíz a los paneles drywall, se observa una tendencia creciente en la capacidad de resistir la infiltración de agua. Esto se puede apreciar en los porcentajes de absorción de agua obtenidos, que son de 23.61%, 18.50% y 23.15% para los paneles con 5%, 7% y 10% de fibras de panca de maíz respectivamente. Esto significa que la incorporación de fibras de panca de maíz mejora inicialmente la impermeabilidad de los paneles, ya que se observa una reducción en la absorción de agua a medida que se aumenta el porcentaje de fibras. Esto sugiere que las fibras de panca de maíz actúan como barreras o refuerzos para evitar la infiltración de agua en los paneles. Sin embargo, a partir del 7%, se aprecia un incremento en la absorción de agua nuevamente, lo que indica que superar cierto porcentaje de fibras de panca de maíz puede tener un efecto contrario y disminuir la capacidad de resistencia a la infiltración de agua. Esto se debe a una saturación de las fibras y una disminución en su capacidad de actuar como barreras. El panel con menor absorción es aquel que, se ha producido utilizando 7% de fibras de panca de maíz, con un valor promedio de 18.50%.

Los paneles no cumplen con los estándares de absorción de agua establecidos para un panel de yeso H1 (5%), panel diseñado para resistir la humedad, según indica la NTP 334.185 (INACAL, 2020). Esto significa que, en condiciones de alta humedad relativa, los paneles pueden ser propensos a desarrollar problemas o enfermedades relacionadas con la humedad, como hinchazón, deformación o deterioro. En otras palabras, los paneles no cumplen con la capacidad requerida para resistir la infiltración de agua en condiciones de humedad extrema. Siendo así, es importante tener en cuenta que el incumplimiento de los estándares de absorción de agua puede tener consecuencias negativas, como daños en la estructura o necesidad de reemplazar los paneles en situaciones de alta humedad.

Así mismo, los paneles de drywall fabricados con fibras de panca de maíz no cumplen con los estándares de absorción de agua establecidos para un panel de yeso H2 (10%), que está diseñado para ser hidrófugo según indica la NTP 334.185 (INACAL, 2020). Esto significa que estos paneles no tienen la capacidad de resistir la infiltración de agua como se espera de un panel de yeso hidrófugo.

Pero, en todos los casos los paneles de drywall fabricados con yeso y fibras de panca de maíz cumplen con los estándares de absorción de agua establecidos para un panel de yeso H3 (25%), que es resistente a la intemperie según indica la NTP 334.185 (INACAL, 2020). Esto significa que estos paneles tienen la capacidad de resistir las fuertes precipitaciones pluviales y los climas abruptos, como los que se encuentran en el distrito de Chota. Esto es beneficioso ya que garantiza que los paneles de drywall con yeso y fibras de panca de maíz puedan resistir las condiciones climáticas adversas sin sufrir daños significativos ni deterioro. Esto es especialmente importante en regiones con alta humedad o fuertes lluvias, como Chota, donde se requiere una mayor resistencia al agua. Siendo así, estos resultados sugieren que los paneles de drywall con yeso y fibras de panca de maíz son una opción adecuada y recomendable para su uso en proyectos de construcción y remodelación en la región de Chota; por su capacidad para resistir climas abruptos y precipitaciones pluviales intensas los hace ideales para proteger las estructuras y mantener su integridad en condiciones climáticas desafiantes.

En resumen, el uso de fibras de panca de maíz genera una barrera para la infiltración del agua disminuyendo la absorción, pero esta se ve superada cuando el porcentaje de fibras de panca de maíz es mayor a 7%; por lo que, los paneles de drywall con yeso y fibras de panca de maíz no cumplen con los lineamientos de las categorías H1 y H2, pero cumplen con los estándares de absorción de agua

establecidos para un panel de yeso H3 según indica la NTP 334.185 (INACAL, 2020), lo que significa que pueden resistir climas abruptos y lluvias fuertes. Esto los hace adecuados y favorables para su uso y aplicación en el distrito de Chota, sobre todo los paneles con 7% de fibras de panca de maíz, que son los que, obtienen la menor absorción (18.5%).

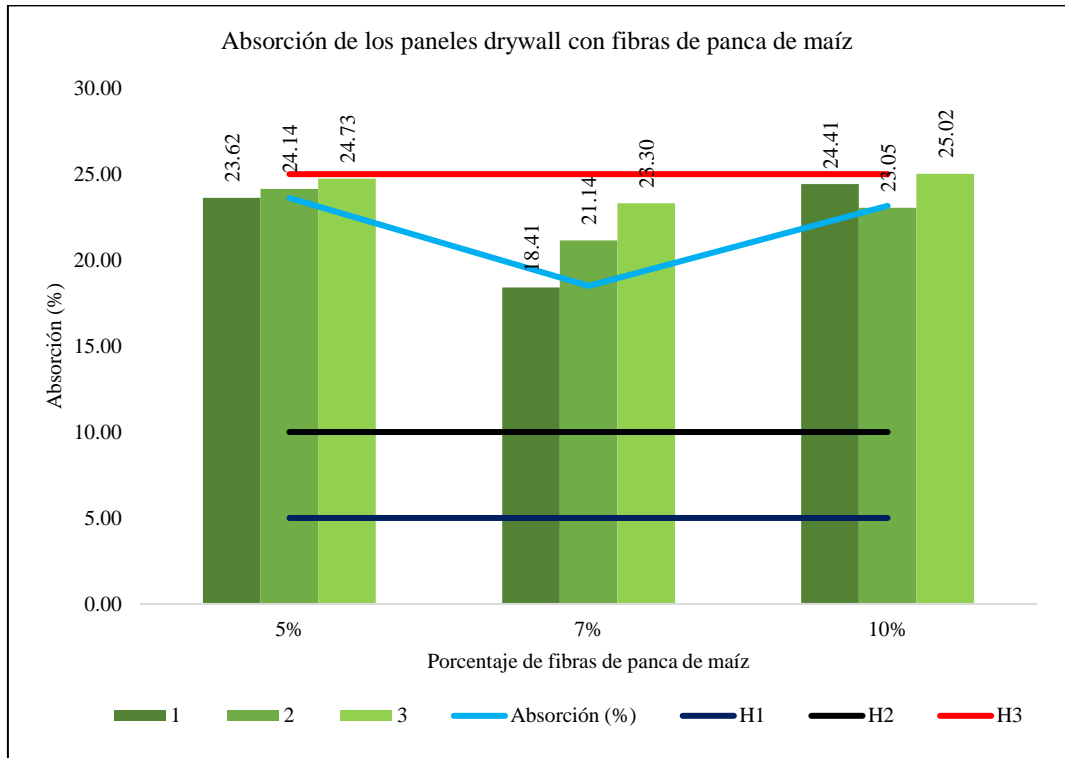
Los paneles de drywall con una absorción inferior al 20% son indispensables en condiciones o construcciones donde se requiere una mayor resistencia a la humedad tal como argumenta Jiménez et al. (2017). Estos paneles son ideales para áreas como baños, que están expuestas a niveles elevados de humedad. Además, también son adecuados para aplicaciones exteriores, como fachadas o revestimientos de exteriores, ya que deben resistir la lluvia y la intemperie. En áreas secas pero propensas a fugas o derrames accidentales, como sótanos o cocinas, los paneles de drywall de menor absorción también son recomendables para minimizar los daños ocasionados por la humedad. En climas húmedos, como regiones costeras o tropicales, estos paneles son esenciales para prevenir problemas de humedad y moho. Cabe destacar que, a pesar de tener una menor absorción, es fundamental garantizar una correcta instalación y tomar medidas adecuadas para evitar filtraciones que puedan afectar incluso a los paneles de drywall con menor absorción.

**Tabla 22** *Absorción de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Absorción (%) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	23.62	18.41	24.41
2	24.14	21.14	23.05
3	24.73	23.30	25.02
Promedio	24.17	20.95	24.16
D.E.	0.554	2.452	1.011
Absorción (%)	23.611	18.498	23.150

**Figura 56**

*Absorción de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*



#### **4.1.3. Características mecánicas de los paneles drywall con fibras de panca de maíz**

Al adicionar fibras de panca de maíz a los paneles de drywall, se observa un aumento en la resistencia a la flexión. A medida que se aumenta el porcentaje de fibras de panca de maíz en los paneles, la resistencia a la flexión también aumenta, alcanzando su valor máximo al agregar un 7% de fibras de panca de maíz. Esto indica que la incorporación de fibras de panca de maíz en los paneles de drywall mejora su capacidad para resistir fuerzas aplicadas en su plano, lo que es especialmente importante en aplicaciones donde es necesario que el panel sea resistente y rígido, como en techos y paredes. Sin embargo, más allá del 7% de fibras de panca de maíz, se observa un deterioro en la resistencia a la flexión de los paneles de drywall. Esto se debe al exceso de fibras, que afectan la estructura y cohesión del panel, disminuyendo su capacidad para soportar cargas.

Los paneles de drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz no cumplen con la resistencia a la flexión especificada en la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020), que establece un valor mínimo de 250 N/cm<sup>2</sup>. Los paneles con 5%, 7% y 10% de fibras de panca de maíz tienen una resistencia a la flexión del 35.04%, 98.79% y 42.24% respectivamente, en comparación con la resistencia especificada en la norma. Esto indica que, aunque la adición de fibras de panca de maíz puede mejorar la resistencia a la flexión en los paneles de drywall, no es suficiente para cumplir con los estándares establecidos. Estos resultados sugieren que se necesita considerar otras alternativas o ajustar la proporción de fibras de panca de maíz presentes en los paneles de drywall para cumplir con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos en la norma.

La dosificación de 7% de fibras de panca de maíz en los paneles de drywall alcanza la máxima resistencia a la flexión de todas las dosificaciones evaluadas. Esto significa que estos paneles tienen una mayor capacidad de soportar fuerzas de flexión, lo cual es beneficioso para su uso en construcciones. Además, se observa que, de los tres paneles evaluados con esta dosificación (7% de fibras de panca de maíz) uno de estos paneles alcanza 261.51 kg/cm<sup>2</sup> siendo el único panel de esta dosificación que supera el rango mínimo de resistencia a la flexión establecido por la norma NTP 334.185, que es de 250 N/cm<sup>2</sup> (INACAL, 2020). Esto indica que estos paneles cumplen con los estándares de resistencia y pueden considerarse adecuados para su uso local, no obstante, no se puede homogenizar los resultados, considerando que, también hay paneles con 7% de fibras de panca de maíz que no cumplen con la resistencia a flexión mínima, alcanzando valores de 235.36 N/cm<sup>2</sup> y 244.08 N/cm<sup>2</sup>. No obstante, estos resultados sugieren que es posible mejorar el proceso de producción de los paneles de drywall para utilizar

la dosificación de 7% de fibras de panca de maíz en las construcciones chotanas. Esto implicaría ajustes o cambios en el proceso de fabricación para garantizar la consistencia y calidad de los paneles con esta dosificación.

Existen varios procesos de fabricación que podrían mejorar los paneles de drywall producidos de forma artesanal con yeso y fibras de panca de maíz para mejorar su resistencia a la flexión, tal como argumentan Lepe & Pacheco (Lepe & Pacheco, 2010). Algunas opciones incluyen:

- **Selección y preparación de materiales:** Se podría mejorar la resistencia a la flexión seleccionando y preparando las fibras de panca de maíz de manera más cuidadosa. Esto implica asegurarse de que las fibras estén secas, limpias y libres de impurezas que puedan debilitar la estructura del panel.
- **Adición de aditivos:** La incorporación de aditivos en la mezcla de yeso y fibras de panca de maíz podría mejorar las propiedades de resistencia del panel. Algunos aditivos comunes incluyen retardantes de fraguado, aceleradores que refuerzan la matriz de yeso y aumentan su resistencia, como complemento al uso de las fibras de panca de maíz.
- **Uso de moldes y prensas:** En lugar de fabricar los paneles de forma manual, se podría utilizar moldes y prensas para comprimir y dar forma a la mezcla de yeso y fibras. Esto aseguraría una distribución más uniforme de los materiales y una mayor densidad en el panel, lo que podría mejorar su resistencia a la flexión.
- **Control de temperaturas y tiempos de secado:** Un proceso de secado adecuado es esencial para obtener paneles de drywall de alta resistencia. Controlar cuidadosamente las temperaturas y tiempos de secado puede ayudar

a minimizar la formación de grietas y mejorar la integridad estructural de los paneles.

- **Implementación de capas de refuerzo:** Se podrían incluir capas adicionales de refuerzo en el diseño del panel. Esto podría implicar el uso de mallas metálicas o de fibra de vidrio en el núcleo de yeso y fibras de panca de maíz para aumentar la resistencia a la flexión.
- **Procesos de curado avanzados:** Utilizar procesos de curado avanzados, como la aplicación de calor o el empleo de cámaras de curado, podría mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los paneles de drywall. Estos procesos permiten un curado más rápido y uniforme, lo que contribuye a un aumento en la resistencia a la flexión.

Implementar estos procesos de fabricación podría ayudar a mejorar la resistencia a la flexión de los paneles drywall producidos de forma artesanal con yeso y fibras de panca de maíz, lo que los haría más adecuados para su uso en la construcción y reduciría las limitaciones asociadas con su debilidad en este aspecto.

Por tanto, los paneles de drywall de yeso con fibras de panca de maíz no alcanzan los niveles de resistencia a la flexión especificados por la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020). Aunque la adición de fibras de panca de maíz mejora la resistencia a la flexión, se requieren ajustes o cambios para cumplir con los estándares establecidos. Siendo así, algunos paneles de drywall fabricados con una dosificación de 7% de fibras de panca de maíz alcanzan la máxima resistencia a la flexión establecido por la norma, lo cual sugiere que esta dosificación puede utilizarse en las construcciones chotanas con mejoras en el proceso de producción.

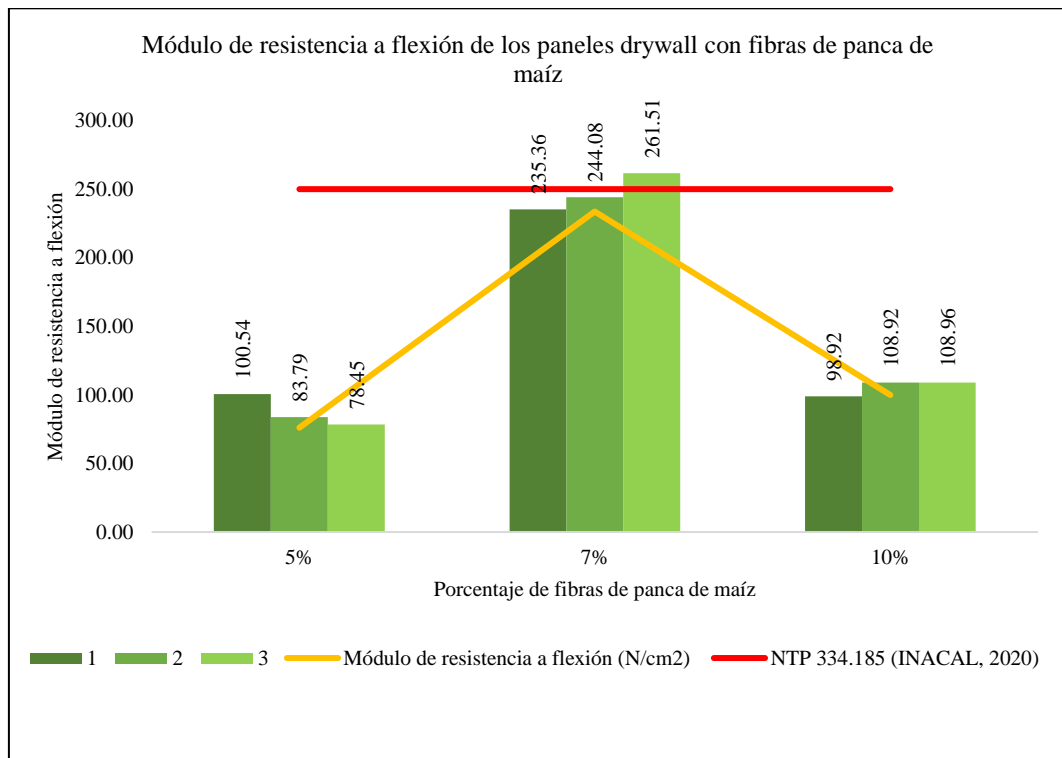
**Tabla 23**

*Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*

Módulo de resistencia a flexión (N/cm2) de los paneles drywall	Porcentaje de fibras de panca de maíz		
	5%	7%	10%
1	100.54	235.36	98.92
2	83.79	244.08	108.92
3	78.45	261.51	108.96
Promedio	87.60	246.99	105.60
D.E.	11.527	13.316	5.785
Módulo de resistencia a flexión (N/cm2)	76.068	233.671	99.819

**Figura 57**

*Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles Drywall con Fibras de Panca de Maíz*



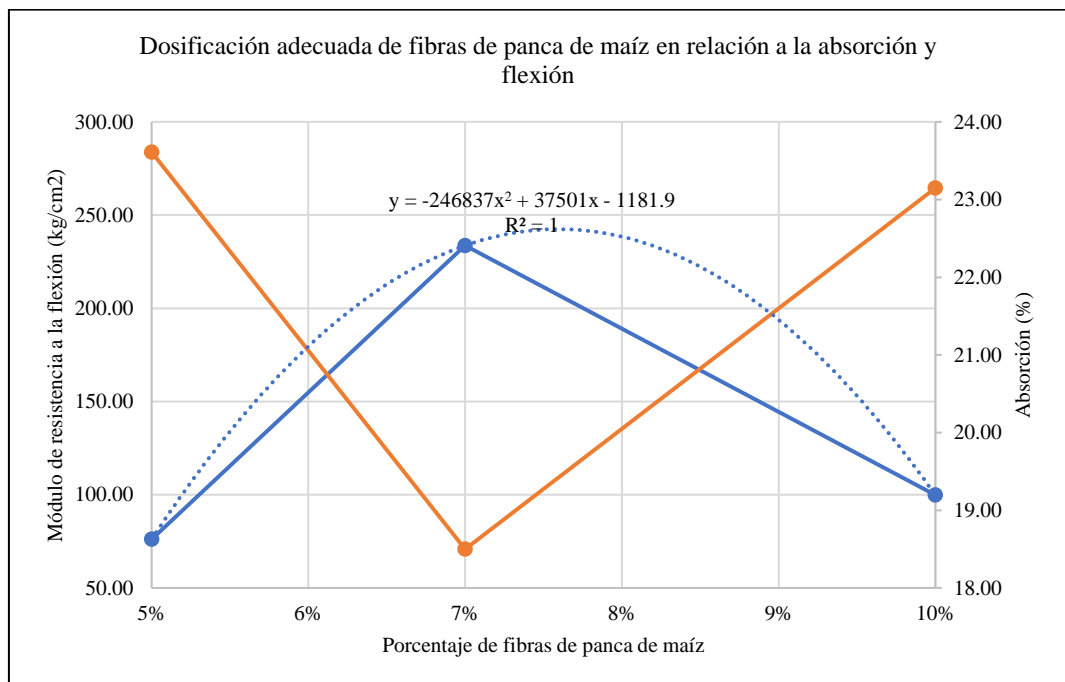
#### 4.1.4. Comparación de los paneles drywall con fibras de panca de maíz

##### 4.1.4.1. Comparación técnica

Inicialmente se ha verificado que, para obtener las mejores propiedades físicas y mecánicas en los paneles drywall de yeso, es necesario utilizar una dosificación de fibras de panca de maíz del 7%, siendo así, se ha determinado a esta proporción como el punto en el cual se alcanza el mejor equilibrio entre la resistencia mecánica y las propiedades físicas de los paneles (absorción); esto implica que agregar un porcentaje mayor o menor de estas fibras no resultaría en un rendimiento óptimo en términos de características físicas y mecánicas (Figura 56).

**Figura 58**

*Dosificación Adecuada de Fibras de Panca de Maíz en Relación a la Absorción y Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles Drywall*



Los paneles drywall de yeso con fibras de panca de maíz cumplen con los requisitos geométricos establecidos en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), la variación dimensional en términos de longitud, anchura y grosor es menor a 5 mm, 4 mm y 4 mm, respectivamente. Esto implica que estos paneles de yeso con

fibras de panca de maíz están fabricados de acuerdo con las medidas estándar especificadas en la norma, lo que asegura que cumplan con las dimensiones requeridas en su instalación y uso. Además, los paneles de yeso y fibras de panca de maíz cumplen con el requisito de la NTP 33.185 (INACAL, 2020) que establece que la densidad debe ser mayor a  $0.8 \text{ g/cm}^3$ , esta densidad asegura que los paneles sean lo suficientemente sólidos y duraderos para su uso. No obstante, el peso de los paneles de drywall es menor a 8 kg, límite máximo dado por (Gyplac, 2023), lo cual es favorable, debido a que, esta reducción de peso producto de la incorporación de fibras de panca de maíz resulta en unidades más livianas, lo que facilita su manipulación, transporte e instalación en obras, pero también contribuye a reducir la carga estructural en el edificio y permite un uso más eficiente de los recursos materiales. La absorción de los paneles de drywall fabricados con yeso y fibras de panca de maíz es menor al 25% (INACAL, 2020) por lo que estos son resistentes a la humedad y menos propensos a sufrir daños por efecto del agua o la humedad ambiental; siendo la dosificación con 7% de fibras de panca de maíz la que resulta en el menor porcentaje de absorción, específicamente un 18%. Así mismo, al incrementar el contenido de fibras de panca de maíz en los paneles de drywall de yeso, se observa un aumento en el módulo de resistencia a flexión; sin embargo, a pesar de este incremento, los paneles que contienen un 7% de fibras de panca de maíz no cumplen con el requisito mínimo establecido en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), esto es un indicador de que estos paneles no cumplen con los requisitos de resistencia necesarios para su uso en ciertas aplicaciones o en situaciones de carga específicas. Por tanto, desde el punto de vista técnico, los paneles comerciales tienen mejores características mecánicas en comparación con los paneles de

drywall de yeso con fibras de panca de maíz. Esto implica que los paneles comerciales son más resistentes y tienen una mayor capacidad de carga en comparación con los paneles de drywall modificados. Sin embargo, a pesar de su menor resistencia mecánica, los paneles de drywall de yeso con fibras de panca de maíz presentan mejores características físicas, tales como: la apariencia, el acabado superficial, el menor peso, la mayor resistencia a la absorción, la menor densidad y la facilidad de instalación y manipulación de los paneles. Estas características físicas son beneficiosas en ciertas aplicaciones donde la resistencia mecánica no es la única consideración.

**Tabla 24** *Propiedades de los Paneles de Yeso con Fibras de Panca de Maíz*

Propiedad físico mecánica	Porcentaje de fibras de panca de maíz			NTP 334.185 (INACAL, 2020)	
	5%	7%	10%		
<b>Variación dimensional</b>					
Largo (mm)	0.00	0.00	0.00	5	Máx.
Ancho (mm)	0.33	0.33	0.33	4	Máx.
Espesor (mm)	0.33	0.67	0.67	4	Máx.
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.10	0.90	0.90	0.8	Mín.
<b>Peso (kg)</b>	5.00	4.39	4.35	8	Máx.
<b>Absorción (%)</b>	23.61	18.50	23.15	25	Máx.
<b>Módulo de resistencia a flexión</b>	76.07	233.67	99.82	250	Mín.

En resumen, los resultados indican que los paneles drywall de yeso con fibras de panca de maíz aun cuando cumplen la mayoría de propiedades físico mecánicas de la NTP 334.185 (INACAL, 2020), no cumplen con la capacidad mecánica por lo que, los paneles comerciales tienen mayor resistencia a la flexión, sin embargo, los paneles de drywall modificados con fibras de panca de maíz tienen mejores características físicas, lo que los hace preferibles en ciertos contextos donde la facilidad de manejo son más importantes que la resistencia mecánica, como para muros no portantes, separadores, cubiertas.

Al comparar los paneles comerciales con los paneles prefabricados con panca de maíz se puede destacar que ambos cumplen con las propiedades geométricas y físicas dadas en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), no obstante los paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz no cumplen con la rotura a flexión, pues el resultado es 233.67 N/cm<sup>2</sup>, pero son mayores a los paneles comerciales 214.59 N/cm<sup>2</sup>, sin embargo, esto se debe a que, los paneles comerciales tienen un espesor nominal de 12.5 mm, por lo que, la norma NTP 334.185 (INACAL, 2020) solicita menor resistencia a rotura a flexión (210 N/cm<sup>2</sup>), que para los paneles de 15 mm de espesor (250 N/cm<sup>2</sup>), como es el caso de los paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz. Por tanto, se podrían producir paneles de menor espesor con 7% de fibras de panca de maíz y cumplir con los requisitos normativos e incluso superar a las propiedades mecánicas de los paneles comerciales.

En cuanto a la variación dimensional en largo, ancho y espesor ambos tipos de paneles, tanto los comerciales, como los paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz cumplen con los lineamientos en largo, ancho y espesor, con pequeñas diferencias, pero todas dentro del rango de la normatividad, por tanto, a pesar de que, los paneles fabricados con fibras de panca de maíz son paneles artesanales, presentan la geometría adecuada para su uso y aplicación, tal como, los paneles comerciales.

Otro aspecto a considerar, es que los paneles prefabricados son más pesados que los paneles comerciales, aunque tal como se especifica en la ficha técnica este parámetro no aplica para placas extralivianas ya que en este caso no se considera la densidad como parámetro de evaluación, mientras que, en el estudio se han elaborado paneles tipo D (con densidad controlada) y estos paneles deben tener

como mínimo  $0.80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , tal como los paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz que presentan  $0.90 \text{ g/cm}^3$  de densidad. Por tanto, el peso y densidad no es un parámetro de contrastación porque se trata de dos paneles con diferente clasificación en cuanto a densidad.

Un aspecto de contrastación, relevante en el caso de zonas lluviosas como Chota, es la absorción, porque paneles con absorción elevada podrían generar problemas posteriores en la construcción, por ello en el caso del estudio se ha considerado producir paneles clasificados según la absorción de agua como H3 (paneles con menos de 25% de absorción total de agua). Los paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz alcanzan 18.50% de absorción, mientras que, los paneles comerciales tienen 23.50% de absorción. Si bien ambos tipos de paneles cumplen con la NTP 334.185 (INACAL, 2020), evidentemente los paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz tienen menor absorción que, los paneles comerciales, lo que, como ya se ha mencionado es beneficioso para climas con alta humedad y precipitaciones pluviales constantes, como la ciudad de Chota.

## **Tabla 25**

*Comparación entre las Propiedades Físico Mecánicas de los Paneles*

*Comerciales y los Paneles con 7% de Fibras de Panca de Maíz*

<b>Propiedad físico mecánica</b>	<b>Paneles prefabricados con 7% de fibras de panca de maíz</b>	<b>Paneles comerciales</b>
<b>Variación dimensional</b>		
Largo (mm)	0.00	0.61
Ancho (mm)	0.33	0.44
Espesor (mm)	0.67	0.00
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0.90	0.52
<b>Peso para paneles de 0.50 x 0.20 (kg)</b>	4.39	0.68
<b>Absorción (%)</b>	18.50	23.50
<b>Módulo de resistencia a flexión (N/cm<sup>2</sup>)</b>	233.67	214.59

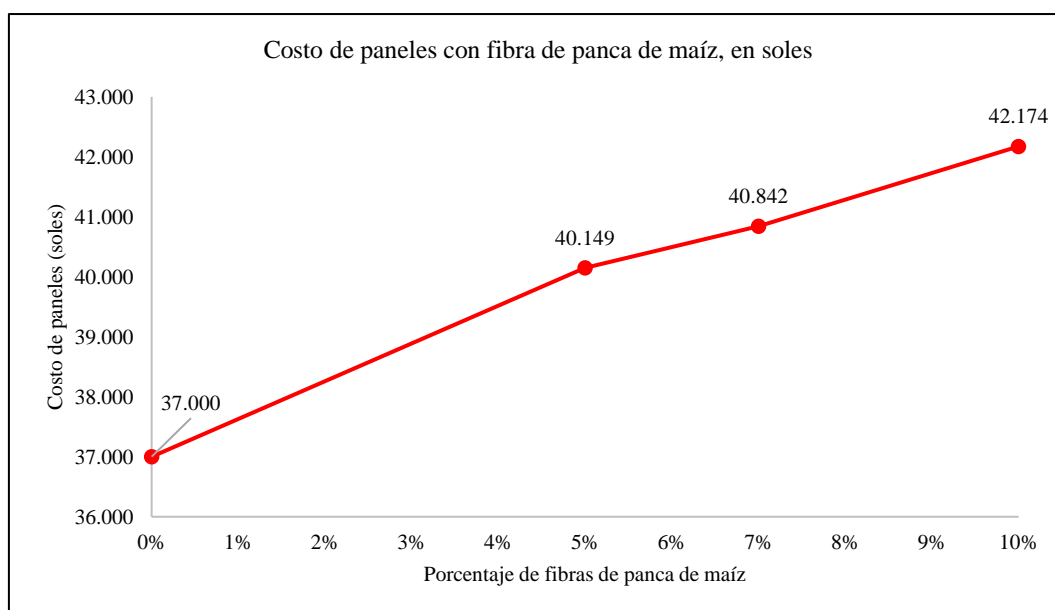
#### 4.1.4.2. Comparación económica

El costo de adquisición de 1 kg de fibra de panca de maíz es de tan solo 0.504 soles (determinado en base a los costos de campo, ver anexo), pero como este producto se está adicionando a la mezcla de yeso y no reemplazando el precio del panel se incrementa al adicionar mayor porcentaje de fibras de panca de maíz, alcanzando costos de 40.15, 40.84 y 42.17 soles, correspondientemente; no obstante, a pesar del incremento creciente al aumentar el porcentaje de fibras de panca de maíz, el costo sigue es relativamente similar al costo de un panel comercial, debido a que, este generalmente oscila entre 37 a 40 soles. Por tanto, el incremento representa 3.15, 3.84 y 5.17 soles, respectivamente.

**Tabla 26** Costo de los Paneles con Fibras de Panca de Maíz

Fibras de panca de maíz	Costo unitario de 1 panel (soles)	Costo de ahorro (soles)
0%	37.000	
5%	40.149	-3.15
7%	40.842	-3.84
10%	42.174	-5.17

**Figura 59** Costo de los Paneles con Fibras de Panca de Maíz



#### 4.2. Contrastación de hipótesis

En el estudio, se ha verificado la normalidad de los datos, previo a la aplicación de pruebas paramétricas para el análisis inferencial en el programa Minitab 22. Para demostrar si se acepta o rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) o la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se ha aplicado la prueba t-student para cada propiedad físico mecánica, tomando como parámetro para la prueba los valores dados en la NTP 337.185 (INACAL, 2020), donde se acepta  $H_0$  cuando el valor p (probabilidad) es mayor a 0.05 (nivel de significancia) para un nivel de confianza del 95%, caso contrario se rechaza  $H_0$ , y se acepta  $H_1$ . Siendo así, se ha determinado que, todos los paneles con fibras de panca de maíz cumplen significativamente con los requisitos geométricos (variación dimensional) y físico (densidad, peso y absorción), pero no con los requisitos mecánicos (módulo de resistencia a flexión), por lo que, se acepta parcialmente  $H_1$ .

- $H_0$ : Las características físicas y mecánicas de los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz no cumplen significativamente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).
- $H_1$ : Las características físicas y mecánicas de los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz cumplen significativamente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).

Además, se determinó la correlación de Pearson de los datos, verificando que, las propiedades de variación dimensional, densidad y peso se ven influenciadas por la dosificación de fibras de panca de maíz, mientras que, el módulo de resistencia a flexión y la absorción no tienen correlación directa, pero si pueden ser determinadas en relación con el porcentaje de fibras de panca de maíz según el gráfico de regresión.

**Tabla 27***Datos (Propiedades de los Paneles de Yeso con Fibras de Panca de Maíz)**Utilizados para el Análisis Estadístico*

Muestra	Porcentaje de fibras de panca de maíz	Variación dimensional máxima (mm)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Absorción (%)	Módulo de resistencia a flexión (N/cm <sup>2</sup> )
1	5%	0.33	1.11	5.08	23.62	100.54
2	5%	0.33	1.10	4.99	24.14	83.79
3	5%	0.33	1.10	5.05	24.73	78.45
1	7%	0.33	0.93	4.39	18.41	235.36
2	7%	0.67	0.90	4.40	21.14	244.08
3	7%	0.33	0.92	4.42	23.30	261.51
1	10%	0.33	0.90	4.36	24.41	98.92
2	10%	0.67	0.90	4.35	23.05	108.92
3	10%	0.67	0.90	4.35	25.02	108.96

Nota: El límite dado en la NTP 334.185 (INACAL, 2020) para variación dimensional es como máximo 4 mm, la densidad debe ser mayor a 0.80, el peso menor a 8 kg, la absorción inferior al 25% y el módulo de resistencia a flexión superior a 250 N/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 28**

*Análisis Estadístico T-Student de los Paneles de Yeso con Fibras de Panca de Maíz*

Propiedad	Hipótesis	Tipo de panel según el % de fibras de panca de maíz	Valor T	Valor p
Variación dimensional (mm)	H <sub>0</sub> : $\mu = 4$ H <sub>1</sub> : $\mu < 4$	5%	*	*
		7%	-32.00	0.000
		10%	-31.00	0.001
		Paneles (5, 7, 10%)	-64	0.000
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	H <sub>0</sub> : $\mu = 0.8$ H <sub>1</sub> : $\mu > 0.8$	5%	78.73	0.000
		7%	12.05	0.003
		10%	97.24	0.000
		Paneles (5, 7, 10%)	5.26	0.000
Peso (kg)	H <sub>0</sub> : $\mu = 8$ H <sub>1</sub> : $\mu < 8$	5%	-117.43	0.000
		7%	-425.71	0.000
		10%	-718.52	0.000
		Paneles (5, 7, 10%)	-30.65	0.000

Propiedad	Hipótesis	Tipo de panel según el % de fibras de panca de maíz	Valor T	Valor p
Absorción (%)	H <sub>0</sub> : $\mu = 25$ H <sub>1</sub> : $\mu < 25$	5%	-2.61	0.060
		7%	-2.86	0.042
		10%	-1.44	0.144
		Paneles (5, 7, 10%)	-2.72	0.013
Módulo de resistencia a flexión (N/cm <sup>2</sup> )	H <sub>0</sub> : $\mu = 250$ H <sub>1</sub> : $\mu > 250$	5%	-24.40	0.999
		7%	-0.39	0.534
		10%	-43.23	1.000
		Paneles (5, 7, 10%)	-4.07	0.998

Nota: \* Todos los valores de la columna son idénticos.

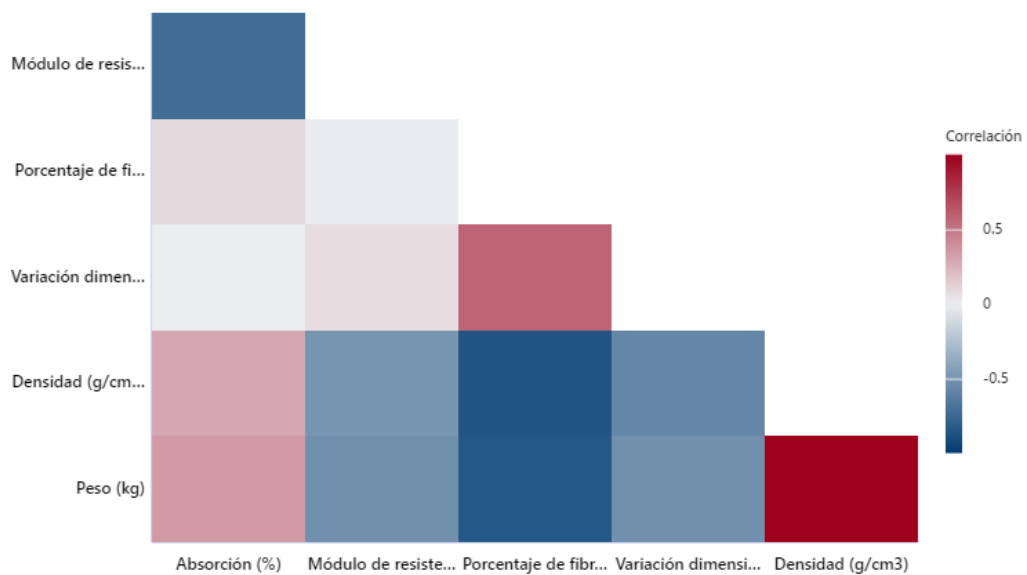
### Tabla 29

*Correlación de Pearson de las Propiedades Físico Mecánicas de los Paneles de Yeso y el Porcentaje de Fibras de Panca de Maíz*

Correlación de Pearson	Porcentaje de fibras de panca de maíz
Variación dimensional (mm)	0.574
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	-0.853
Peso (kg)	-0.838
Absorción (%)	0.087
Módulo de resistencia a flexión (N/mm <sup>2</sup> )	-0.012

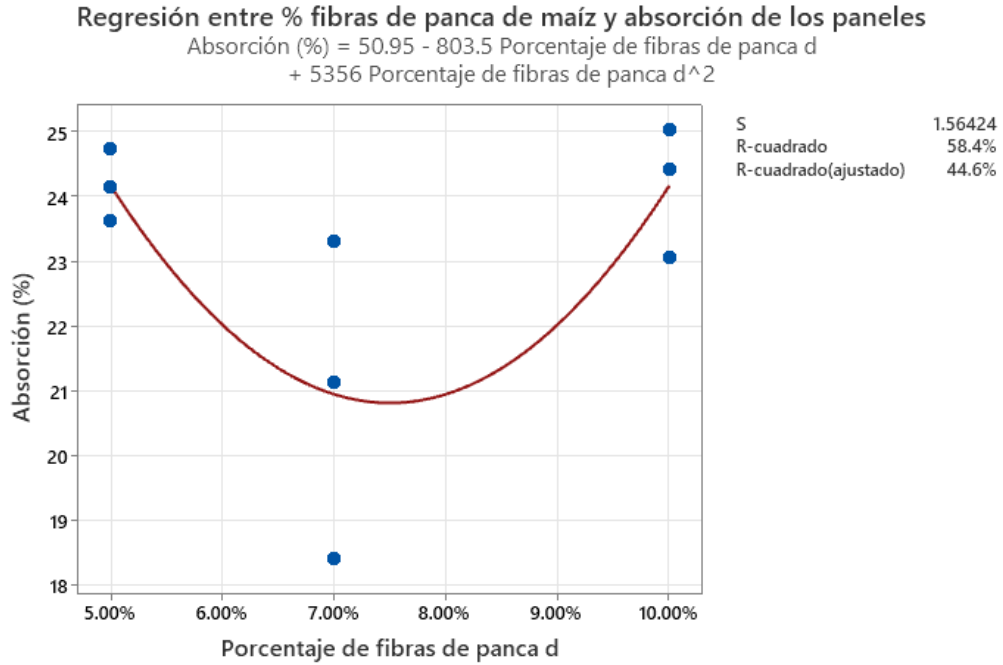
### Figura 60

*Correlación de Pearson*



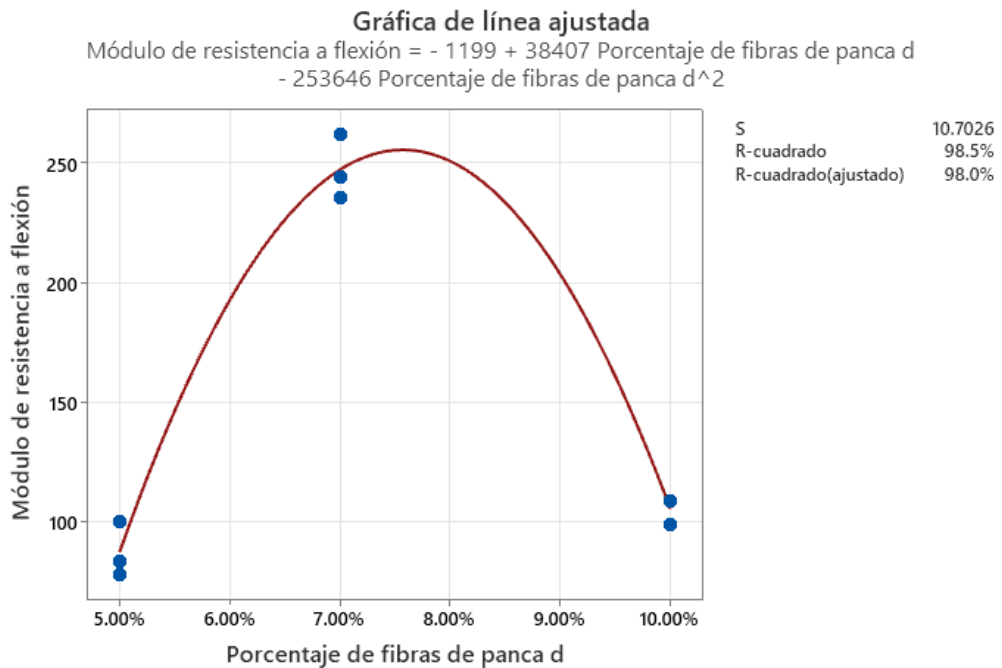
**Figura 61**

*Regresión entre el Porcentaje de Fibras de Panca de Maíz y la Absorción de los Paneles de Yeso*



**Figura 62**

*Regresión entre el Porcentaje de Fibras de Panca de Maíz y el Módulo de Resistencia a Flexión de los Paneles de Yeso*



### 4.3. **Discusión de resultados**

Las características físicas de las fibras de panca de maíz, que son residuos agrícolas, presentan una amplia variación en cuanto a su tamaño, abarcando una gradación que va desde los 0.30 hasta los 12.5 mm. Estos valores sugieren que el tamaño promedio de las fibras es relativamente pequeño. Además, se ha determinado que estas fibras presentan un módulo de finura de 4.9, lo cual indica una distribución homogénea de tamaños, tal como, la fibra de tallo de maíz empleada por Puyana-Romero et al. (2023) en Ecuador. Es importante destacar que las fibras de panca de maíz se encuentran en un estado seco, con una humedad del 4.28%; esta característica es relevante, ya que el contenido de humedad influye en las propiedades físicas y químicas de las fibras; en este caso, al estar en un estado seco, se puede esperar un menor riesgo de degradación y una mayor estabilidad en su uso, tal como, sugiere Eduardo (2015) cuyas fibras de totora tenían 7.47% de humedad. Por otro lado, se ha determinado que estas fibras presentan un peso específico de 1193 kg/m<sup>3</sup>, lo cual indica una densidad relativamente alta. Esta característica tiene implicaciones en su manipulación y transporte, ya que las fibras de mayor densidad tienden a ser más pesadas y, por lo tanto, pueden requerir de un mayor esfuerzo físico para su manipulación, sin embargo, tal como afirma Eduardo (2015), dan mayor resistencia mecánica a las unidades en las que, se apliquen, considerando que, las fibras de totora que, utilizó para la producción de paneles de yeso tenían una densidad de 1528 kg/m<sup>3</sup>.

En la fase de experimentación, se ha comprobado que al aumentar el porcentaje de fibras de panca de maíz en los paneles drywall, se produce una disminución en la densidad y el peso de los mismos, tal como en los paneles producidos con residuos agrícolas por Tinoco (2018). Los paneles con un 5%, 7%

y 10% de peso de yeso presentaron densidades de 1.10, 0.90 y 0.90 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Esto indica que a medida que se incorporan más fibras de panca de maíz, los paneles se vuelven más ligeros y menos densos, lo que puede ser beneficioso para su instalación, ya que les brinda una mayor flexibilidad y adaptabilidad, tal como, argumentan Charai et al. (2023), quienes al usar fibras vegetales obtuvieron paneles de yeso livianos con capacidad higrotérmicas mejoradas, siendo su densidad aparente 934 kg/m<sup>3</sup>, tal como, el promedio de los paneles de yeso con fibras de panca de maíz.

Por otro lado, se ha observado que a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de panca de maíz en los paneles, también aumenta la variación dimensional de los mismos, tal como, en los paneles de concreto con poliestireno producidos por Benavides (2023). Los paneles con un 5%, 7% y 10% de peso de yeso presentaron variaciones dimensionales de 0.33, 0.67 y 0.67 mm respectivamente. Esto significa que, a mayor cantidad de fibras de panca de maíz, los paneles tienden a experimentar un mayor cambio en sus dimensiones, no obstante, no es un parámetro relevante, debido que, a pesar de este acrecentamiento, los paneles de yeso con fibras de panca de maíz están lejos de superar el límite de 4 mm dado en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), tal como Pardo (2023) cuyos bloques con fibras industriales cumplían con los límites de variación dimensional y alabeo dados en su respectiva norma de análisis.

Además, se ha determinado que a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de panca de maíz en los paneles, la absorción de agua disminuye, tal como determinaron Aramwit et al. (2023). Se encontró que los paneles con un 5% y 7% de fibras de panca de maíz respecto al peso de yeso presentaron absorciones de 23.61% y 18.5% respectivamente, siendo así, en todos los casos la absorción

de los paneles de yeso con fibras de panca de maíz tiene menor absorción que, los paneles de Nassef et al. (2022) que alcanzan hasta 40% de absorción. Sin embargo, cuando el porcentaje de fibras de panca de maíz supera el 7%, la absorción de agua vuelve a aumentar, alcanzando un valor de 23.15%. Esto indica que la dosificación óptima para obtener mejores características físicas en los paneles de yeso se encuentra alrededor del 7% de peso de fibras de panca de maíz. En todos los casos los paneles drywall con fibras de panca de maíz presentan la capacidad de resistencia a absorción que, exige la NTP 334.185 (INACAL, 2020); tal como, en el estudio de Puyana-Romero et al. (2023) donde determinaron que, las fibras extraídas del tallo del maíz mejoraron significativamente el rendimiento de absorción de los paneles de yeso en Ecuador; esto se debe a la adhesión entre la fibra y el yeso debido a la rugosidad de la fibra.

En cambio, a pesar de que, al aumentar el porcentaje de fibras de panca de maíz en los paneles drywall, se produce un incremento en el módulo de resistencia a flexión sigue siendo menor al mínimo dado en la NTP 334.185 (INACAL, 2020) de 250 N/cm<sup>2</sup>, en cambio los paneles de yeso con fibras textiles producidos por Alyousef et al. (2023) a pesar de reducir su capacidad mecánica con el aditamento de fibras, siguen cumpliendo los límites de la norma BS EN 14246 cuyo límite aceptable es de 200 MPa, no obstante si este fuese el límite los paneles de yeso con 7% de fibras de panca de maíz de Chota también cumplen con dicha norma internacional.

Los paneles con un 5%, 7% y 10% de peso de yeso presentaron módulos de resistencia a flexión de 76.07 N/cm<sup>2</sup>, 233.67 N/cm<sup>2</sup> y 99.82 N/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por tanto, a medida que se incorporan mayores cantidades de fibras de panca de maíz, la resistencia a flexión de los paneles drywall se ve

favorecida, tal como, determinaron Aramwit et al. (2023), quienes con 10% de fibras de coco y cáscara de arroz alcanzaron 150 N/cm<sup>2</sup>, por lo que, concluyeron que, en comparación con el yeso puro, se logró un aumento de hasta un 187% en la resistencia a la flexión.

Sin embargo, es importante destacar que cuando el porcentaje de fibras de panca de maíz supera el 7%, se observa una disminución en el módulo de resistencia a flexión de los paneles, tal como, El-Saeidy (2016) determinó para los paneles de yeso con fibras de tallos de algodón, maíz y paja de arroz. Por lo tanto, se puede concluir que la dosificación óptima para obtener las mejores características mecánicas en los paneles de yeso se encuentra alrededor del 7% de peso de fibras de panca de maíz. Los paneles con 7% de fibras de panca de maíz alcanzan mayor módulo de resistencia a flexión que, los paneles comerciales en Letonia analizados por Martins et al. (2023) que, solo alcanzan 219 N/cm<sup>2</sup>; pero menores a los paneles con fibras de lana producidos por Nassef et al. (2022) que alcanzan como mínimo 300 N/cm<sup>2</sup>, aunque estos tienen absorción superior a los paneles con fibras de panca de maíz del distrito de Chota.

Las fibras de panca de maíz actúan como refuerzo en la matriz de yeso, lo que mejora la capacidad de resistencia a la flexión del panel. Sin embargo, a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de panca de maíz, es posible que se produzca una aglomeración y entrelazamiento excesivo de las fibras, lo que podría debilitar la estructura del panel y reducir su resistencia a flexión, tal como argumentan Alyousef et al. (2023), El-Saeidy (2016).

Finalmente, el presente estudio aborda los resultados relacionados con los paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz y su cumplimiento de las especificaciones establecidas en la norma técnica NTP 334.185 (INACAL, 2020).

En primer lugar, se destaca que estos paneles cumplen con los requisitos de variación dimensional, densidad, peso y absorción establecidos en la norma. Estas propiedades son fundamentales para garantizar la calidad y el desempeño del panel, ya sea en aplicaciones residenciales o comerciales, tal como, los paneles de yeso con hoja de plátano y cascarilla de arroz producidos en Piura por Carrasco & Peña (2023). Sin embargo, es importante mencionar que los paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz presentan una limitación en cuanto a su módulo de resistencia a flexión. Este valor es inferior a los 250 N/cm<sup>2</sup>, lo cual indica que su capacidad mecánica no es suficiente para aplicaciones estructurales. Por lo tanto, su uso se recomienda exclusivamente para criterios no estructurales. No obstante, si se comparan con la norma internacional BS EN 14246 presentada por Alyousef et al. (2023) y Charai et al. (2023) cumplen con el criterio normativo, debido a que, tan solo exigen un módulo de resistencia a flexión de 200 N/cm<sup>2</sup>. Aunque, el hecho que, no cumplan con el módulo de resistencia a flexión dado en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), tal como, argumentan Vavřínová et al. (2022) no impiden su uso para revocos interiores y funciones no estructurales o que, requieran baja capacidad estructural, así mismo, desde un punto de vista ecológico, es ventajoso utilizar un material compuesto con un mayor contenido de fibras vegetales, lo que, según indica Ferrandez-García et al. (2020) supone un beneficio industrial y mediambiental.

Otro punto relevante, es el costo de estos paneles ecológicos. A medida que se incrementa el porcentaje de fibras vegetales, el precio del panel también aumenta, tal como, lo determinaron Martins et al. (2023), no obstante, dichos autores también sugieren que, muchas veces paneles más caros presentan mejores características mecánicas que, aquellos con menor costo de adquisición. Sin

embargo, a pesar de este incremento, el costo del panel de yeso con fibra de panca de maíz (39.33 soles) sigue siendo similar al costo típico de los paneles drywall comerciales (37 a 40 soles), así lo ratifica Tinoco (2018), cuyos paneles tenían un costo mucho menor de 17.60 soles al utilizar bagazo de caña de azúcar, con el mismo proceso constructivo del presente estudio, ya que, utilizaron yeso, cola sintética, silicato de sodio, agua y un tipo de fibra vegetal. Esto indica que, a pesar de presentar algunas limitaciones en su capacidad mecánica, los paneles ecológicos siguen siendo una opción económica para los usuarios, tal como, lo demostraron Nassef et al. (2022).

Por tanto, los paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz cumplen con la mayoría de las especificaciones establecidas en la norma técnica. No obstante, su capacidad mecánica limitada los excluye de aplicaciones estructurales, restringiendo su uso a criterios no estructurales. Por otro lado, a pesar de presentar un incremento en el costo, en comparación con los paneles comerciales siguen siendo una alternativa económica para los consumidores. Por ello, es viable producir paneles con fibras vegetales, tal como, argumenta Mamani (2016), pero es importante tener en cuenta estos aspectos al considerar la elección de paneles drywall con fibras de panca de maíz para diferentes proyectos.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz cumplen parcialmente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020). Por lo que, se ha concluido que:

- 1) Las características físicas de las fibras de panca de maíz son residuos agrícolas con una gradación entre 0.30 a 12.5 mm, módulo de finura 4.9 lo que indica que su tamaño promedio es relativamente pequeño, humedad de 4.28% se encuentra en estado seco y peso específico de 1193 kg/m<sup>3</sup> densidad relativamente alta.
- 2) Los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz presentan una disminución en su densidad y peso a medida que se aumenta el porcentaje de fibras, siendo de 1.10, 0.90 y 0.90 g/cm<sup>3</sup> para las dosificaciones de 5%, 7% y 10% del peso del yeso, respectivamente. Estos resultados indican que los paneles con mayor contenido de fibras presentan mayor flexibilidad y adaptabilidad durante la instalación. Asimismo, se observa un incremento en la variación dimensional de los paneles a medida que aumenta el porcentaje de fibras, alcanzando valores de 0.33, 0.67 y 0.67 mm, respectivamente. Por otro lado, se encontró que a medida que se incrementa el porcentaje de fibras de panca de maíz, la absorción de agua en los paneles disminuye, presentando valores de 23.61% y 18.5% para las dosificaciones de 5% y 7%, respectivamente. Sin embargo, al superar el 7% de fibras, la absorción vuelve a aumentar, obteniendo un valor de 23.15%. Estos resultados sugieren que la

dosificación de 7% de fibras de panca de maíz es la más adecuada para obtener mejores características físicas en los paneles de yeso.

- 3) En cuanto a las propiedades mecánicas, se observa que los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz presentan un aumento en su módulo de resistencia a la flexión a medida que se incrementa el porcentaje de fibras. Los valores obtenidos para las dosificaciones de 5%, 7% y 10% del peso del yeso son de 76.07 N/cm<sup>2</sup>, 233.67 N/cm<sup>2</sup> y 99.82 N/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Sin embargo, al superar el 7% de fibras, se observa una disminución en el módulo de resistencia a la flexión. Estos hallazgos sugieren que la dosificación de 7% de fibras de panca de maíz es la que proporciona mejores características mecánicas en los paneles de yeso.
- 4) Los paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz cumplen con la variación dimensional (menor a 4 mm), densidad (mayor a 0.8 gr/cm<sup>3</sup>), peso (menor a 8 kg) y absorción (menor a 25%) dadas en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), no obstante, no cumplen con el módulo de resistencia a flexión, debido a que su capacidad mecánica es menor a 250 N/cm<sup>2</sup>; siendo así, su uso se limita a funciones no estructurales. Así mismo, el precio del panel drywall de yeso con fibra de panca de maíz incrementa su costo conforme se aumenta el porcentaje de fibras vegetales, pero a pesar de este incremento en el costo sigue siendo similar al costo usual de los paneles drywall comerciales (37 a 40 soles).

## **5.2. Recomendaciones y/o sugerencias**

A pesar de que los paneles drywall con 7% de fibras de panca de maíz presentan buenas características geométricas y físicas, pero, no cumplen con el módulo de resistencia a flexión dado en la NTP 334.185 (INACAL, 2020), por lo que, se recomienda estudiar la incorporación de otros aditivos o refuerzos adicionales para mejorar la resistencia mecánica del panel; algunas opciones podrían ser la incorporación de aditivos químicos que mejoren la cohesión de los componentes del panel, no obstante, se debe evaluar la durabilidad y resistencia a largo plazo del panel de yeso con fibras de panca de maíz, por medio de pruebas de envejecimiento acelerado (temperatura, humedad y rayos UV), siendo viables económicamente.

Se recomienda realizar investigaciones que incluyan una mayor diversidad de variedades de panca de maíz, con el objetivo de evaluar cómo las diferencias en su composición físico-mecánica pueden influir en las propiedades estructurales y de resistencia del panel drywall de yeso. Esto permitirá identificar las variedades más óptimas para su aplicación en materiales de construcción.

Es fundamental llevar a cabo un estudio sobre la producción de maíz considerando factores como la disponibilidad de panca de maíz, su accesibilidad y costos de obtención. Esto contribuirá a determinar la viabilidad económica y la sostenibilidad del uso de este material en la fabricación de drywall con adición de fibras naturales.

Se recomienda investigar la incorporación de fibras de panca de maíz en porcentajes de 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, 8% y 8.5% en la fabricación del panel drywall de yeso. El análisis de estos valores permitirá identificar la proporción óptima que maximice la resistencia mecánica.

## CAPÍTULO VI.

### REFERENCIAS

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *El maíz en Cuba. Cultivos tropicales*, 30(2), 113-120. [https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000200016&script=sci\\_arttext](https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000200016&script=sci_arttext)
- Aguilar, G. F., & Sernades, K. A. (2022). *Adición de ceniza de bagazo de caña y panca de maíz para mejorar las propiedades mecánicas concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Abancay- 2021*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86735>
- Álvarez, C. P. (2022). *Diseño de paneles con propiedades acústicas y térmicas a partir del yeso, sogá de yute y materiales de polietileno reciclado*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (ULVR)].
- Alyousef, R., Abbass, W., Aslam, F., & Shah, M. I. (2023). Potential of waste woven polypropylene fiber and textile mesh for production of gypsum-based composite. *Case Studies in Construction Materials*, 18(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02099>
- Aramwit, P., Sheng, D. D., Moorthy, G. K., Guna, V., & Reddy, N. (2023). Rice husk and coir fibers as sustainable and green reinforcements for high performance gypsum composites. *Construction and Building Materials*, 393(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132065>
- Babu, K. S., & Ratnam, C. (2021). Mechanical and thermophysical behavior of hemp fiber reinforced gypsum composites. *Materials Today: Proceedings*, 44(1), 2245-2249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.363>
- Bautista, N. P. (2022). *Proceso de la investigación cualitativa: epistemología, metodología y aplicaciones*. Editorial El Manual Moderno.
- Benavides, R. (2023). *Incidencia del poliestireno tipo perla en las características estructurales de paneles para muros de tabiquería prefabricada con unión LEGO, utilizando concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ , según norma E.070, Chota, 2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Benavides, S. M. (2022). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios para la implementación de una propuesta de gestión de residuos en la ciudad de Lajas -*

- Chota - Cajamarca 2020*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/232>
- Bendezú, G. R. (2021). *El sistema drywall como opción de mejora de la habitabilidad en edificaciones residenciales del sector nor oeste del distrito de Piura en el año 2020*. [Tesis de postgrado, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4776>
- Bernardis, A. C., Fernández, J. A., Cespedes, F. E., Goldfarb, M. C., & Casco, J. F. (2008). Efecto de la quema prescrita de un pastizal sobre el balance de CO<sub>2</sub>. *AGROTECNIA*, 18(1), 11-16. <https://doi.org/http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/31902>
- Briones, D. D., & Tomalá, C. L. (2023). *Elaboración de un panel de hormigón hidráulico para mampostería en pared adicionando fibra de hoja de maíz*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6052>
- Burga, J. (2022). *Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/204>
- Cadena, C. G., & Bula, A. J. (2002). Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte*, 12(8-9), 1-9.
- Cantos, M. E., Rodríguez, S. D., & Ponce, V. K. (2021). Propiedades acústicas del aserrín y fibra de coco en un panel acústico para el interior de las edificaciones. *Sinergia Académica*, 4(2), 29-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.51736/sa.v4i2.55>
- CAPECO. (2023). *Tabla salarios y beneficios sociales para el régimen de construcción civil. Expediente N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC del 01.06.2023 al 31.05.2024*. Cámara peruana de la construcción (CAPECO). <https://doi.org/https://www.ftccperu.com/images/TABLAS%20SALARIALES%20PDF/Tabla%20salarial%20%202023-2024.pdf>
- Car, E. J., Oller, S. H., & Oñate, E. (2000). *Tratamiento numérico de los materiales compuestos*. International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE). <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2117/188564>
- Cardenas, K. S., & Ullilen, E. (2021). *Incidencia de la adición de fibra de panca de maíz en las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto, Cieneguilla-2021*.

- [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/97716>
- Carrasco, C. G., & Peña, J. C. (2023). *Elaboración de paneles aislantes térmicos con la hoja del plátano y cascarilla del arroz, para la vivienda no planificada en zonas desérticas, para la ciudad de Piura, Perú*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7318>
- Carrasco, C. G., & Peña, J. D. (2023). *Elaboración de paneles aislantes térmicos con la hoja del plátano y cascarilla del arroz, para la vivienda no planificada en zonas desérticas, para la ciudad de Piura, Perú*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7318>
- Carulla, J. (1997). Extracción, explotación, minería y proceso de tratamiento del yeso. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 36(6), 571-578.
- Castañeda, M., Gutiérrez-Velásquez, E. I., Aguilar, C. E., Neves, S., Amell, A. A., & Colorado, H. A. (2022). Sustainability and Circular Economy Perspectives of Materials for Thermoelectric Modules. *Sustainability*, 14(10), 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14105987>
- Chandramohan, D., & Marimuthu, K. (2011). A review on natural fibers. *IJRRAS*, 8(2), 194-206. [https://doi.org/https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-natural-fibers-2-SOURCES-OF-NATURAL-FIBRES-Natural-fibers-include\\_fig1\\_319556968](https://doi.org/https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-natural-fibers-2-SOURCES-OF-NATURAL-FIBRES-Natural-fibers-include_fig1_319556968)
- Charai, M., Mghazli, M. O., Channouf, S., Jagadesh, P., Moga, L., & Mezrhab, A. (2023). Lightweight waste-based gypsum composites for building temperature and moisture control using coal fly ash and plant fibers. *Construction and Building Materials*, 393(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132092>
- Chen, W., Yang, S., Zhang, X., Jordan, N. D., & Huang, J. (2022). Embodied energy and carbon emissions of building materials in China. *Building and Environment*, 207(1), 1-5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108434>
- Chucho, G., Chunchu, C., & Aguirre, Z. (2019). *Anatomía y morfología vegetal*. University of Nebraska de Loja. [https://doi.org/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/84643983/ANATOMIA\\_Y\\_MORFOLOGIA\\_VEGETAL-libre.pdf?1650581302=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnatomia\\_y\\_morfologia\\_vegetal.pdf&Ex](https://doi.org/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/84643983/ANATOMIA_Y_MORFOLOGIA_VEGETAL-libre.pdf?1650581302=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnatomia_y_morfologia_vegetal.pdf&Ex)

- pires=1695792945&Signature=WzsBSt0Cj1vC5P3h5T8uI0G~A2TkdtKSfHXa  
LMZhKSo
- Corp, W. B. (11 de agosto de 2016). *The Go-To Guide for Drywall Size and Thickness*.  
Medium: <https://medium.com/@wbcaoutreach/the-go-to-guide-for-drywall-size-and-thickness-a901081b9fc5>
- De Villanueva, L. (2004). Evolución histórica de la construcción con yeso. *Informes de la Construcción*, 56(493), 5-11.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.2004.v56.i493.434>
- Del Río, D. A. (2022). *Incorporación de fibra de bambú para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe, Pelatana, Huancavelica, 2022*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86754>
- Díaz, K. M. (2021). *Evaluación del concreto adicionando ceniza de panca de maíz, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Eduardo, C. L. (2015). *Tabiqueía Ecológica, Empleando Totora con Revestimiento de yeso o Mortero, Como Técnica de Bioconstrucción en la Ciudad de Puno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano].  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2055>
- Elkhessaimi, Y., Tessier-Doyen, N., & Smith, A. (2017). Effects of microstructure on acoustical insulation of gypsum boards. *Journal of Building Engineering*, 14(1), 24-31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2017.09.011>
- El-Saeidy, E. A. (2016). Using farm residuals in producing gypsum boards. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 33(1), 269-282.  
<https://doi.org/10.21608/mjae.2016.98186>
- Eymar, J. M. (1963). Materiales de construcción. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 13, 1-10.
- FAO. (1996). *Ecología y enseñanza rural: Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/3/W1309S/w1309s00.htm>
- Ferrandez-García, M. T., Ferrandez-Garcia, C. E., Garcia-Ortuño, T., Ferrandez-Garcia, A., & Ferrandez-Villena, M. (2020). Study of waste jute fibre panels (*corchorus capsularis* L.) agglomerated with Portland cement and starch. *Polymers*, 12(3), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym12030599>
- García, A., Neila, F. J., & Oliver, A. (2011). Caracterización física y mecánica de placas de yeso con materiales de cambio de fase indorporadas para almacenamiento de

- energíatérmica mediante calor latente. *Materiales de Construcción*, 61(303), 465-484. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/mc.2011.53309>.
- Geng, Y., Han, X., Zhang, H., & Shi, L. (2021). Optimization and cost analysis of thickness of vacuum insulation panel for structural insulating panel buildings in cold climates. *Journal of Building Engineering*, 33(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101853>
- Gyplac. (2023). *Gyplac RH placa resistente a la humedad*. Static: <https://static.eternit.pe/cdf/productos/ficha-tecnica-gyplac-resistente-humedad.pdf>
- Henry, M., & Therrien, T. (2018). *Essential Natural Plasters: A Guide to Materials, Recipes, and Use (Vol. 7)*. New Society Publishers.
- Herrera, A. (2018). *Incorporación de filamentos de PET reciclado a conglomerantes de yeso y mortero, para crear paneles de yeso ecoeficientes, de aplicación en particiones interiores*. [Trabajo de grado, Escuela Técnica Superior de Arquitectura]. <https://hdl.handle.net/11441/79393>
- Huanca, S. L. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Hull, D. (1987). *Materiales compuestos*. Reverté.
- INACAL. (2020). *NTP 337.185 YESO. Placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*. Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 339.088 CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones. 4a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 339.185 AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 400.022 AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). *NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Ed.* Instituto Nacional de Calidad.

- INACAL. (2023). *NTP 334.135 YESOS PARA CONSTRUCCIÓN. Especificación normalizada para el yeso. 3ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Izquierdo, R. A. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe Ecuador.* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1832>
- Jiménez, N., Romero-García, V., Pagneux, V., Groby, J. P., & Messiaen, A. O. (2017). Absorción Perfecta de baja frecuencia por paneles acústicos ultrafinos basados en metamateriales. *In 48o Congreso español de acústica*, 1-9. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/98223382/AED-2\\_20016-libre.pdf?1675517366=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAbsorcion\\_perfecta\\_de\\_baja\\_frecuencia\\_po.pdf&Expires=1707412123&Signature=AA80-cvC3QWfNIWw6ev~94h1ic4tRqxhtJ0YB~IEsOwvEOAS88](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/98223382/AED-2_20016-libre.pdf?1675517366=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAbsorcion_perfecta_de_baja_frecuencia_po.pdf&Expires=1707412123&Signature=AA80-cvC3QWfNIWw6ev~94h1ic4tRqxhtJ0YB~IEsOwvEOAS88)
- Lee, T. H., Kato, M., Matsumiya, T., Suita, K., & Nakashima, M. (2007). Seismic performance evaluation of non-structural components: drywall partitions. *Earthquake engineering & structural dynamics*, 36(3), 367-382. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/eqe.638>
- Lepe, J. D., & Pacheco, D. G. (2010). Fabricación y evaluación de paneles aplicables a la industria de la construcción a partir del reciclaje de envases multicapa (tetra brik). *Ingeniería*, 14(3), 191-195. [https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/762/](https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/762/)
- Libog, L., Biyeme, F., Betené, A. D., Biwolé, A. B., Ndiwe, B., Mbang, J. P., & Meva'a, J. R. (2023). Influence of the Extraction Location on the Physical and Mechanical Properties of the Pseudo-Trunk Banana Fibers. *Journal of Natural Fibers*, 20(2), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2204451>
- Licari, J., & Swanson, D. W. (2011). Test and Inspection Methods. *Flexural Modulus*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/flexural-modulus>
- Macías, E. G. (2015). *Aplicación de celulasas o xilanasas para mejorar en la digestión ruminal in vitro en tres residuos de cosecha.* [Tesis de doctorado en ciencia animal, Universidad Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1165>

- Mamani, D. (2016). *Evaluación comparativa de las propiedades mecánicas entre el yeso y el yeso adicionado con materiales reciclados según la norma UNE - EN 13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/699>
- Martínez, R. (2021). *Módulos El Mundo de los Materiales*. CONACYT. <https://doi.org/http://mwm.cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2021/01/PresentacionCompositos.pdf>
- Martins, J. V., Cerpinska, M., Beresnevics, V., & Spade, K. (2023). Study of flexural and yield strength of gypsum composite boards. *Engineering for rural development*, 24(1), 288-293. <https://doi.org/DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF058>
- Midani, M., & Elseify, L. A. (24 de febrero de 2022). *Natural fiber composites – a practical guide for industrial utilization*. Fibers, Filaments & Processing Solutions: <https://www.fiberjournal.com/natural-fiber-composites-a-practical-guide-for-industrial-utilization/>
- MINAGRI. (2015). *Informe final Servicio de prospección, colección, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico de conocimientos tradicionales asociados al cultivo de las razas de maíz*. Ministerio del Ambiente (MINAGRI). [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/maiz\\_13regiones\\_2015.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/maiz_13regiones_2015.pdf)
- Montes, F. G. (2019). *Iones silicato evaluados como inhibidores de la corrosión del acero de construcción*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Mar del Plata]. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/436>
- MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano, PDU Chota 2017-2027*. Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- Nassef, M., Elbasyoni, A. M., Badr, A. A., Alnahrawy, A., & Hussanin, A. H. (2022). Manufacturing and utilization of novel sustainable composites using pulled wool fibers waste from leather tanneries: Mechanical, physical, and dynamic characterization. *Journal of Industrial Textiles*, 51(4), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1528083721107335>
- Neyra, C. F. (2021). *Evaluación del concreto simple con aplicación de ceniza de fibra de coco para elevar la resistencia a compresión–Tarapoto 2021*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/67720>
- Ochoa, J. C., Bonilla, M. M., Borrachero, M. V., & Paya, J. J. (2013). Efecto de un aditivo extraído de la planta Agave americana sobre las propiedades físicas y mecánicas

- de un yeso. *Materiales de construcción*, 63(1), 79-92.  
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/10251/48910>
- Pardo, W. H. (2023). *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería de concreto tipo IV adicionando distintas dosis de fibras de polipropileno, Chota, 2021*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/332>
- Patil, D., Bukhari, S. A., Minde, P. R., & Kulkarni, M. S. (2023). Review on comparative study of diverse wall materials for affordable housing. *Materials Today: Proceedings*, 77(3), 823-831.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.489>
- Pérez, E. (12 de diciembre de 2017). *El achique de mano de obra, la traba para que crezca la construcción en seco*. Diario de Cuyo: <https://www.diariodecuyo.com.ar/economia/El-achique-de-mano-de-obra-la-traba-para-que-crezca-la-construccion-en-seco-20171214-0118.html>
- Pinillos, A., Arrieta, J., Bustes, G., & Huamán, N. (2017). *Bloques de yeso para construcción de muros de tabiquería*. Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/dce7a4c9-0fcb-4575-985a-ca761259ea0a>
- Pulloquinga, E. A. (2019). *Caracterización de propiedades físicas y acústicas de fibras vegetales para evaluar su potencial uso en la construcción*. [Tesis de grado, Universidad de las Américas de Quito]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10743>
- Puyana-Romero, V., Jaramillo, W. A., & Ciaburro, G. (2023). Simulation of Acoustic Properties of Plaster Matrix Composite MATERIAL Reinforced with Corn Stem Fibers. *Fibers*, 11(3), 1-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/fib11030026>
- Quintana-Gallardo, A., Alba, J., Del Rey, R., Crespo-Amarós, J. E., & Guillén-Guillamón, I. (2020). Life-cycle assessment and acoustic simulation of drywall building partitions with bio-based materials. *Polymers*, 12(9), 1-16.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym12091965>
- Ramírez, A. O., Santos, A. G., & González, F. J. (2011). Caracterización física y mecánica de placas de yeso con materiales de cambio de fase incorporados para almacenamiento de energía térmica mediante calor latente. *Materiales de construcción*, 61(303), 465-484.  
<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3736179>

- Rueda, C. C., & Vega, S. G. (2021). *Caracterización de un material compuesto a base de yeso y residuos agroindustriales para la fabricación de paneles drywall para la industria de la construcción*. [Tesis de grado, Unidades Tecnológicas de Santander]. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7717>
- Salvador, M., Amigó, V., Nuez, A., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F. (2008). Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas. *In X Congreso Nacional de Materiales*, 1(1), 1-4.
- Saravia, R. J., & Valdivia, C. J. (2022). *Efectos de la adición de fibras de maíz en propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, Ica - 2022*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88953>
- Serrano, T., Borrachero, M. V., Monzó, J. M., & Payà, J. (2012). Morteros aligerados con cascarilla de arroz: Diseño de mezclas y evaluación de propiedades. *Dyna*, 79(175), 128-136.
- Tapia, L. E. (2015). *Diseño de una planta para la fabricación de paneles de yeso con la adición de piedra pómez y polipropileno como materiales alternativos*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11108>
- Tinoco, G. A. (2018). *Uso del residuo agrícola de la caña de azúcar como material alternativo para la elaboración de paneles prefabricados ecológicos de yeso – Lima 2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25868>
- Tsai, S. W., & de Marco, A. M. (2021). *Diseño y análisis de materiales compuestos*. Reverté.
- Vargas, B., & Thaquima, S. (2019). *Influencia de panca de maíz (Zea Mays) en la resistencia del concreto*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2593>
- Vásquez, C. (2021). *Evaluación del concreto adicionando fibras de acero con agregado fino de la cantera Conchán y piedra chancada de la cantera La Cangana, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/178>
- Vavřínová, N., Stejskalová, K., Teslík, J., Kubenková, K., & Majer, J. (2022). Research of mechanical and thermal properties of composite material based on gypsum and

- straw. *Journal of Renewable Materials*, 10(7), 1-10. <https://doi.org/DOI:10.32604/jrm.2022.018908>
- Velásquez, S. M., Pelaéz, G. J., & Giraldo, D. H. (2016). Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. *Informe técnico Universidad de Antioquia*, 80(1), 77-86. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/10495/9796>
- Veritrade. (1 de Septiembre de 2023). *Comercio exterior importaciones y exportaciones de EKONO DRYWALL SAC. VERITRADE*: <https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-ekono-drywall-sac/ruc-20509182974>
- Vidales, A., Piña, C., Río, M. D., Atanes, E., Kalinowska, K., & Kosior, M. (2020). *Paneles de yeso adicionados con residuos plásticos de cables con mejora de las propiedades frente a humedades interiores*. CONTART. <http://hdl.handle.net/20.500.12251/2161>
- Wu, Y. F. (2009). The structural behavior and design methodology for a new building system consisting of glass fiber reinforced gypsum panels. *Construction and Building Materials*, 23(8), 2905-2913. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.02.026>
- Yoshino. (2023). *Gypsum Board production flow*. Yoshino Gypsum CO.,LTD: <https://yoshino-gypsum.com/en/special/sekkou/07>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### *Anexo A. Matriz de consistencia*

**Tesis:** Caracterización físico-mecánica del panel drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz

**Tesista:** Ander Ronal Irigoín Cieza

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología	
¿En qué medida las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz cumplen significativamente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020)?	<b>Objetivo general</b> Analizar las características físico-mecánicas de los paneles drywall de yeso con adición de fibras de panca de maíz, con la finalidad de verificar si cumple con los requisitos técnicos establecidos en la NTP 334.185 (INACAL, 2020).	H1: Las características físicas y mecánicas de los paneles de yeso con adición de fibras de panca de maíz cumplen significativamente con los requisitos técnicos de la NTP 334.185 (INACAL, 2020).	Fibras de panca de maíz	Propiedades físicas de las fibras de panca de maíz	Granulometría	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicado Nivel: Explicativo Diseño: Descriptivo casual simple	
	Peso específico						
	<b>Objetivos específicos</b>		Paneles drywall de yeso	Propiedades físicas	Absorción de agua		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar las características físicas (color, gradación, módulo de finura, humedad, peso específico) de las fibras de panca de maíz para utilizarlo como material de adición para la producción de paneles drywall.</li> <li>- Determinar las características físicas, densidad y capacidad de absorción al agua, de los paneles drywall a base de 100% de yeso, 10% de silicato de sodio, 12% de goma o cola sintética, 60% de agua y con adición de fibras de panca de maíz, al 5%, 7% y 10% del peso del yeso.</li> <li>- Determinar las características mecánicas (módulo de resistencia a flexión) de los paneles drywall a base de 100% de yeso, 10% de silicato de sodio, 12% de goma o cola sintética, 60% de agua y con adición de fibras de panca de maíz, al 5%, 7% y 10% del peso del yeso.</li> <li>- Comparar técnica y económicamente los paneles drywal comerciales con los paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz de acuerdo con la NTP 334.185 (INACAL, 2020).</li> </ul>				Densidad y/o peso		
			Comparación mecánicas	Resistencia a la flexión			
			Comparación técnica	Resistencia flexión	Densidad y/o peso		
				Comparación económica	Absorción		
					Costo de materiales	Muestra: 36 paneles Drywall de dimensiones en largo, ancho y espesor de 500 mm x 200 mm x 15 mmm producidos con adición de fibras de panca de maíz extraídas de las comunidades de Cañafisto y el Campamento del distrito de Chota al 5%, 7% y 10% del peso del yeso comercial, combinado con silicato de sodio comercial, cola sintética comercial.	

### ***Anexo B. Viviendas en construcción o remodelación en la ciudad de Chota***

Las viviendas elegidas estaban en construcción o remodelación, durante el periodo de análisis del 01 al 15 de marzo del año 2021, fueron elegidas al azar, pero, tomando en consideración que cumplieren con las siguientes condiciones:

Que estén pasando por una fase de construcción o remodelación.

Que sean del sistema constructivo concreto armado.

Que tengan al menos un nivel ya construido o por culminar su construcción para poder conocer con que material están dividiendo sus paredes interiores.

**Tabla 30**

*Descripción de las Viviendas que Usan Paneles Drywall en Chota del 1 al 15 de marzo: 2021*


N° de vivienda	Fecha	Dirección	Usa paneles Drywall	Dimensiones (mm)	
				Largo	Ancho
1		Av. Tacabamba N°1132	Sí	2000	1200
2	2/03/2021	Jr. Diego Villacorta N°520	No		
3	3/03/2021	Av. Celso Carvajal N° 204	Sí	1800	900
4	4/03/2021	Pje. Juan XXIII N° 130	No		
5	5/03/2021	Jr. Sagrado Corazón de Jesús N° 620	Sí	1500	600
6	6/03/2021	Jr. José Osoreo N° 418	Sí	1800	900
7	7/03/2021	Jr. Santa Rosa N° 585- 591	Sí	1800	900
8	8/03/2021	Jr. Santa Asunción N°401	No		
9	9/03/2021	AV. Todos Los Santos N° 767	No		
10	10/03/2021	Jr. Adriano Novoa N° 175	Sí	1800	900

**Anexo C. Aplicación de cuestionario para identificar el interés en la adquisición de paneles drywall**

Del 01 al 15 de marzo del año 2021 se aplicó un cuestionario a 100 personas de la ciudad de Chota, de diferentes rangos de edad, mayores de 18 años y menores de 75 años, para conocer su preferencia por la adquisición de paneles drywall, siendo así, se planteó un pequeño cuestionario integrado por tan solo tres preguntas las cuales fueron validadas por juicio de expertos, a través de la firma del mismo. Del cuestionario se pudo concluir que, gran parte de las personas encuestadas están dispuestas a adquirir paneles drywall si le representa beneficios técnicos y económicos en comparación de otros paneles drywall comerciales o de las unidades de albañilería convencionales.

**a) Cuestionario validado por expertos**

1. ¿Conoce o ha escuchado hablar sobre los paneles drywall?
  - a) Sí
  - b) No
2. ¿Ha usado paneles drywall en la construcción de alguna edificación?
  - a) Sí
  - b) No
3. ¿Usaría paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz, si presentasen características físico-mecánicas estándar y un costo asequible?
  - a) Sí
  - b) No

  
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA  
Ingeniero Hidráulico  
Reg.CIP. N° 214467

  
GUSTAVO ESTELA CHAMAYA  
INGENIERO CIVIL  
REGISTRO CIP. N° 189251

  
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Consejo Departamental de Cajamarca  
MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
Inscrito del Colegio de Ingenieros N° 157782

**Tabla 31***Resultados de la Encuesta sobre Paneles de Yeso con Fibra de Panca de Maíz*

N°	¿Conoce o ha escuchado hablar sobre los paneles drywall?	¿Ha usado paneles drywall en la construcción de alguna edificación?	¿Usaría paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz, si presentasen características físico-mecánicas estándar y un costo asequible?
1	Sí	Sí	Sí
2	Sí	No	Sí
3	Sí	Sí	Sí
4	Sí	No	Sí
5	No	No	Sí
6	Sí	No	Sí
7	No	No	No
8	Sí	No	Sí
9	No	No	Sí
10	Sí	No	Sí
11	No	No	Sí
12	Sí	No	Sí
13	No	No	No
14	Sí	Sí	Sí
15	No	No	No
16	No	No	Sí
17	No	No	Sí
18	No	No	Sí
19	Sí	Sí	Sí
20	Sí	Sí	Sí
21	Sí	No	Sí
22	Sí	No	Sí
23	Sí	No	Sí
24	No	No	Sí
25	Sí	Sí	Sí
26	No	No	No
27	Sí	Sí	Sí
28	No	No	No
29	Sí	Sí	Sí
30	Sí	Sí	Sí
31	No	No	No
32	Sí	Sí	Sí
33	Sí	Sí	Sí
34	No	No	No
35	No	No	Sí
36	Sí	Sí	Sí
37	Sí	No	Sí
38	Sí	Sí	Sí
39	Sí	No	Sí
40	Sí	No	Sí
41	Sí	No	Sí
42	Sí	Sí	Sí
43	Sí	Sí	Sí
44	Sí	No	Sí
45	No	No	Sí
46	Sí	Sí	Sí
47	No	No	Sí

N°	¿Conoce o ha escuchado hablar sobre los paneles drywall?	¿Ha usado paneles drywall en la construcción de alguna edificación?	¿Usaría paneles drywall de yeso con fibra de panca de maíz, si presentasen características físico-mecánicas estándar y un costo asequible?
48	Sí	Sí	Sí
49	No	No	No
50	Sí	Sí	Sí
51	No	No	Sí
52	Sí	Sí	Sí
53	No	No	No
54	Sí	Sí	Sí
55	No	No	No
56	Sí	Sí	Sí
57	No	No	No
58	Sí	Sí	Sí
59	Sí	No	Sí
60	Sí	Sí	Sí
61	Sí	Sí	Sí
62	Sí	Sí	Sí
63	Sí	No	Sí
64	Sí	Sí	Sí
65	Sí	No	Sí
66	Sí	Sí	Sí
67	Sí	No	Sí
68	Sí	Sí	Sí
69	Sí	Sí	Sí
70	Sí	No	Sí
71	Sí	Sí	Sí
72	Sí	Sí	Sí
73	Sí	Sí	Sí
74	Sí	No	Sí
75	Sí	Sí	Sí
76	Sí	No	Sí
77	Sí	Sí	Sí
78	Sí	Sí	Sí
79	No	No	Sí
80	No	No	Sí
81	No	No	Sí
82	No	No	No
83	Sí	Sí	Sí
84	No	No	No
85	Sí	Sí	Sí
86	No	No	Sí
87	Sí	Sí	Sí
88	No	No	No
89	Sí	Sí	Sí
90	No	No	No
91	Sí	Sí	Sí
92	Sí	Sí	Sí
93	Sí	No	Sí
94	Sí	Sí	Sí
95	Sí	Sí	Sí
96	Sí	No	Sí
97	Sí	Sí	Sí
98	Sí	No	Sí
99	Sí	Sí	Sí

## Anexo D. Fichas técnicas

### D.1. Ficha técnica del yeso de construcción HADES

**KRL**  
**SOLUTIONS & TRADING S.A.C.**  
Fabricación de Productos para Limpieza Pública, Industria, y Minería.  
Agregados para la Construcción, Pinturas y Artículos de Ferretería en General

#### Ficha Técnica: Yeso de Construcción "Hades"

Sku Promart: 16862

Sku Proveedor: KRL28

Departamento: Agregados

Descripción del Producto: Yeso Construcción bolsa x 18 kg.



#### DESCRIPCIÓN:

Conglomerante obtenido por deshidratación controlada a partir de yeso natural de roca (Sulfato de Calcio Bihidratado) de máxima pureza.

#### CARACTERISTICAS:

Aspecto	:	Polvo
Color	:	Blanco
Olor	:	Inodoro
Pureza:	:	85 % a 90% de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Tiempo de Fraguado	:	3 - 5 minutos
Tiempo Final	:	26 – 29 minutos

#### PROPIEDADES:

- Para fabricar molduras, cielos rasos.
- Para neutralizar suelos alcalinos y salinos.
- Material no inflamable, no corrosivo, no explosivo ni radioactivo.

#### USOS:

- En productos prefabricados como bases de revestimiento, planchas de yeso, láminas de yeso, placas acústicas, cartón enyesado para revestir casas y tablas de fibra prensada para paredes.
- En fabricación de tabiques para aislar mezclas usadas como resanes en tuberías, calderas, techos y como absorbente de aceites en pisos.

#### PRECAUCIONES:

Al contacto con los ojos lavar con abundante agua.

## D.2. Ficha técnica de placa de yeso ST Extraliviana 12.7 mm

### DESCRIPCIÓN

La placa de yeso **Gyplac ST Extraliviana** es fabricada bajo los más estrictos estándares de calidad internacional, cumpliendo con las especificaciones para placas de yeso descritas en la norma **NTP 334.185-2015**. La placa está compuesta por un núcleo de roca de yeso dihidratado y aditivos que se combinan entre sí. Las caras están revestidas con un papel de varias capas de celulosa especial 100% reciclado. La unión de yeso y celulosa se produce cuando el sulfato de calcio (yeso) desarrolla sus cristales dentro de las fibras de papel, surgiendo de la combinación de estos materiales las propiedades esenciales de la misma.

El papel de la cara visible cubre los bordes longitudinales de la placa, lo que brinda una gran fortaleza y protección al núcleo de yeso de la misma. Los extremos de la placa son rectificadas y cuidadosamente escuadrados en corte cuadrado con el núcleo de yeso a la vista.

La placa de yeso **Gyplac** tiene múltiples ventajas: Es liviano, económico, fácil y rápido de instalar, aporta en el aislamiento térmico y acústico y cuenta con un excelente nivel de acabado.

### APLICACIONES Y CONSIDERACIONES BÁSICAS

La placa de yeso **Gyplac ST Extraliviana** es utilizada en la ejecución de todo tipo de construcciones (nuevas o de remodelación): paredes interiores, cielos rasos y revestimientos de muros interiores; proporcionando superficies lisas y continuas.



### DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	NORMA	GYPLAC ST 12.7mm EXTRALIVIANA (1/2")
Peso	Kg	No Aplica	20.2 (± 0.5)
Ancho	mm	-4 +0	1220
Longitud	mm	-5 +0	2440
Espeor	mm	+ 0.5	12.7
Flexión longitudinal	N	≥ 550	≥ 550
Flexión transversal	N	≥ 210	≥ 210
Dureza de núcleo	N	≥ 49	≥ 49
Dureza superficial (impacto de bola)	mm	≤ 20	≤ 20
Cuadratura	mm	< 6	< 3
Ángulo de borde	*	No Aplica	90° (± 5.0)
Profundidad superior (rebaje)	mm	0.6 - 2.5	1.5
Ancho de rebaje	mm	40 - 80	50

### RECOMENDACIONES

- Las placas de yeso **Gyplac ST Extraliviana** están diseñadas para ser utilizadas únicamente en interiores.
- No se recomienda exponerlas a temperaturas mayores a 50°C, como en zonas adyacentes a estufas y/o hornos, entre otras.
- Se debe evitar la exposición a la humedad excesiva o continua (antes, durante y después de ser instaladas).
- Almacenar en zonas bajo techo y secas para evitar el riesgo de formación de moho. El piso debe ser firme, plano y deben estar almacenadas levantadas del piso donde se debe utilizar suficientes soportes (fajitas) a lo largo de la placa para evitar el pandeo.
- El traslado es manual, deben hacerlo como mínimo 2 personas sujetando las placas por los extremos en posición perpendicular al piso.
- Evitar la inhalación de polvo usando equipos de corte.
- Garantizar una ventilación adecuada en el lugar de trabajo.
- Evitar el contacto con los ojos, la piel, y la inhalación de polvo usando equipo de protección personal adecuado.



PLACA DE YESO **ST** EXTRALIVIANA 12.7 mm

Fácil de cortar

Fácil de instalar

etex inspiring ways of living

### *Anexo E. Panel fotográfico*

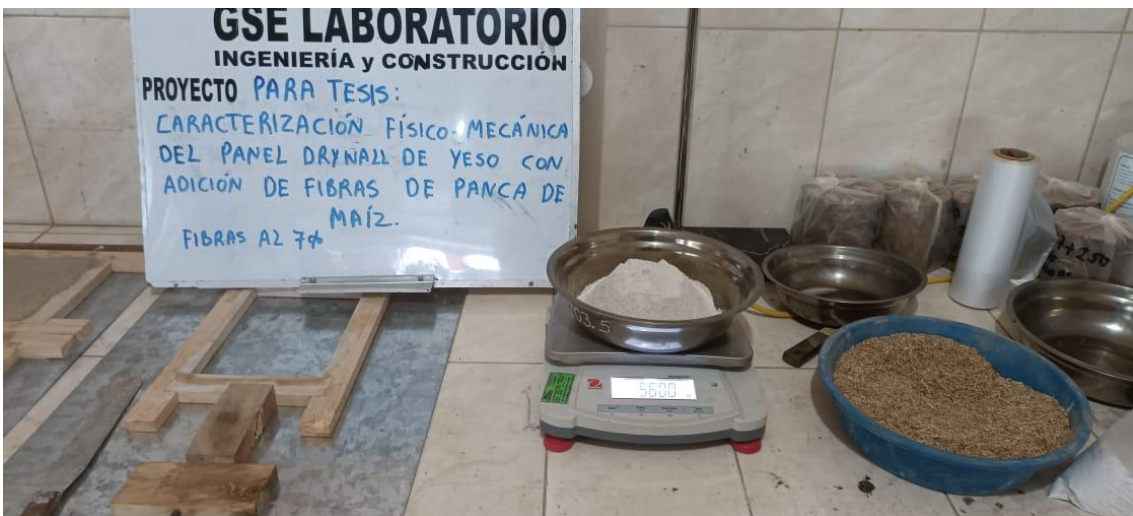
Fotografía 1 Cuarteo de las fibras de panca de maíz para su uniformización



Fotografía 2 Vista de los materiales utilizados en la producción de paneles



Fotografía 3 Pesado de los materiales utilizados para la producción de paneles drywall



Fotografía 4 Vista del peso del yeso utilizado en la producción de paneles drywall



Fotografía 5 Dilución del yeso con los materiales líquidos



Fotografía 6 Mezcla de los materiales líquidos



Fotografía 7 Vista de la mezcla sólida antes del aditamento de los líquidos



Fotografía 8 Mezcla de los materiales para la producción de paneles



Fotografía 9 Vertido de una capa inicial de solidos para que no se peque la mezcla



Fotografía 10 Colocación de mezcla en los moldes para la formación de los paneles



Fotografía 11 Paneles elaborados



Fotografía 12 Vista de los paneles elaborados en el proceso de secado



Fotografía 13 Paneles elaborados sometidos al ensayo de absorción



Fotografía 14 Vista del equipo utilizado en el ensayo de absorción



Fotografía 15 Pesado de las muestras saturadas



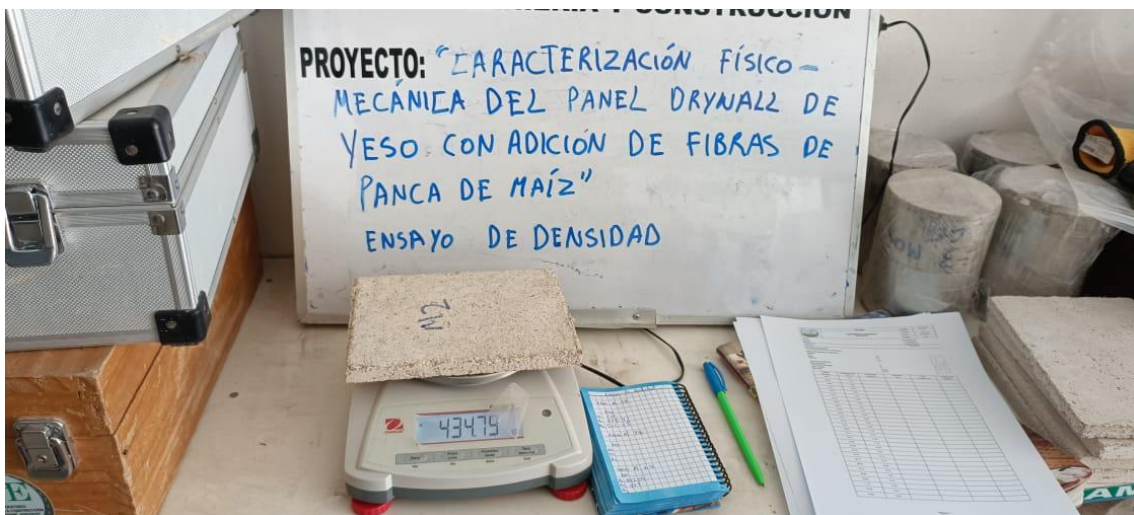
Fotografía 16 Vista cercana del peso alcanzado por las muestras saturadas



Fotografía 17 Pesado de las muestras luego de salir del horno en el ensayo de absorción



Fotografía 18 Ensayo de densidad de los paneles elaborados



Fotografía 19 Medición del largo de los paneles elaborados



Fotografía 20 Medición del espesor de los paneles elaborados



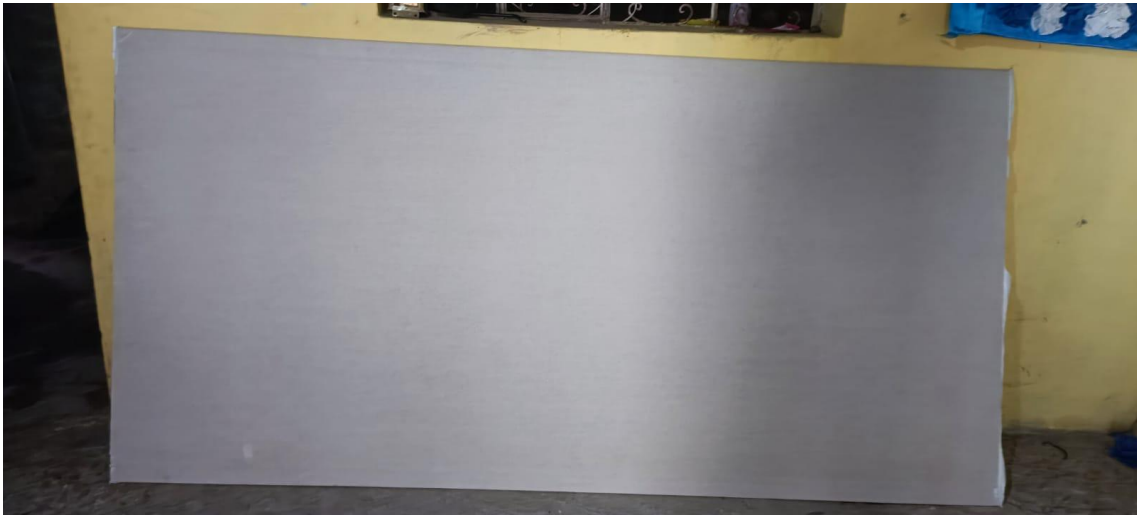
Fotografía 21 Colocación de los paneles elaborados en la máquina de ensayo



Fotografía 22 Ensayo de rotura de los paneles elaborados



Fotografía 23 Vista del panel comercial adquirido antes de ser cortado para los ensayos



Fotografía 24 Proceso de cortado inicial del panel comercial



Fotografía 25 Pesado del panel comercial para el ensayo de densidad



Fotografía 26 Proceso de cortado del panel comercial para ensayo de flexión



Fotografía 27 Ensayo de resistencia a flexión en el panel comercial



Fotografía 28 Vista de la carga máxima que soporta el panel comercial



*Anexo F. Análisis del costo de producción de paneles de yeso con fibras de panca de  
maíz.*

## Costo de producción de paneles con fibras de panca de maíz

### a) Costo de la fibra de panca de maíz

La panca de maíz es un material residual cuya adquisición no tendría un costo, no obstante, se debe considerar el proceso necesario para convertir estos residuos en fibras de panca de maíz, siendo así, se ha considera un precio de adquisición de la panca de maíz, el uso de herramientas manuales para su trituración y la mano de obra que se encargue de dicho proceso, obteniendo un costo por kg de 0.538 soles.

**Tabla 32** *Costo Unitario de la Fibra de Panca de Maíz Morocho*

Rendimiento	kg/día	1193	EQ	1193	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	2	0.0134	10.59	0.142
Peón	hh	4	0.0268	7.48	0.201
					<b>0.343</b>
<b>Materiales</b>					
Panca de maíz	kg		1.10	0.10	0.110
					<b>0.110</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		5.000	0.34	0.017
Trituración de panca a fibras	hm	1	0.001	100.00	0.001
Servicio de transporte de material volquete (a la chancadora)	hm	1	0.001	80.00	0.067
					<b>0.085</b>
<b>Costo unitario directo en 1 kg de fibra de panca de maíz</b>					<b>0.538</b>

Nota: Los rendimientos que se han colocado se han formulado en base al tiempo que ha tomado al equipo de trabajo para la producción de fibras de panca de maíz para el estudio.

### b) Costo de mano de obra, materiales e instrumentos

Los costos han sido modificados tomando en cuenta los precios de los productos en ferreterías locales de la ciudad de Chota.

- Yeso. El costo del yeso es de 17.9 soles por una bolsa de 18 kg, entonces por 1 kg de yeso el costo es de 0.99 soles.

- Silicato. El silicato se adquiere por botella, pero 1 kg de este material cuesta 1.50 soles.
- Goma. La goma tiene un costo mayor de 13.65 soles por cada kilogramo.
- Agua. El agua se adquiere en forma de recibo mensual siendo así se ha considerado un costo de 0.01 soles por cada litro.
- Maíz. El costo de la fibra de panca de maíz se ha calculado en relación a los kilogramos que se pueden triturar y trasladados al día, con la maquinaria y equipos adecuados.

Los costos de mano de obra se han considerado de la tabla de salarios y beneficios sociales para el régimen de construcción civil del 01.06.2023 al 31.05.2024 (CAPECO, 2023).

#### c) Dosificación de materiales para 1 panel de 1.22 x 1.44

Para un panel drywall de 1.22 x 1.44 x 0.015 m se tiene la dosificación en peso que se calcula inicialmente, no obstante, estas dosificaciones no son para 1 panel drywall sino que la mezcla tiene un sobrante, por ello, se recalcularon las dosificaciones para obtener la dosificación real de un panel drywall.

**Tabla 33** *Dosificaciones de Materiales para la Producción de Paneles*

Muestra	Fibras	Yeso	Agua	Silicato	Goma
P1	5%	100%	60%	10%	12%
P2	7%	100%	60%	10%	12%
P3	10%	100%	60%	10%	12%

**Tabla 34** *Dosificación de Materiales Estimado para Paneles de 1.22 x 2.44 sin*

*Corrección por Exceso*

Muestra	Yeso (kg)	Fibras (kg)	Agua (kg)	Silicato (kg)	Goma (kg)
Peso específico	<b>1254</b>	<b>1193</b>			
5%	33.05	1.65	19.83	0.165	0.198
7%	33.05	2.31	19.83	0.231	0.278
10%	33.05	3.30	19.83	0.330	0.397

**Tabla 35** *Dosificación de Materiales Corregidos para 1 Panel Drywall de 1.22 x 2.44*

<b>Dosificaciones corregidas para 1 panel de 0.50 x 0.20 x 0.015 m</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Yeso (kg)</b>	<b>Fibras (kg)</b>	<b>Agua (kg)</b>	<b>Silicato (kg)</b>	<b>Goma (kg)</b>
5%	31.40	1.57	18.84	0.16	0.19
7%	30.74	2.15	18.44	0.22	0.26
10%	30.08	3.01	18.05	0.30	0.36

**d) Costo de producción para 1 panel**

El costo de producción de 1 panel se ha planteado tomando en cuenta el rendimiento de la mano de obra que elaboraron los paneles drywall en el presente estudio, el costo de los materiales se ha descrito en base al costo comerciales de los productos, como yeso, silicato y goma, para cada una de las dosificaciones.

**Tabla 36**

*Costo Unitario de 1 Panel de 1.22 x 2.44 m con 5% de Fibras de Panca de Maíz*

<b>Rendimiento</b>	<b>und/día</b>	<b>1</b>	<b>EQ</b>	<b>1</b>		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>						
Operario	hh	0.010	0.080	10.59		0.847
Peón	hh	0.005	0.040	7.48		0.299
						<b>1.146</b>
<i>Materiales</i>						
Yeso	kg		31.40	0.99		31.223
Fibras de panca de maíz	kg		1.57	0.538		0.844
Silicato	kg		0.16	1.50		0.235
Agua (lts)	lts		18.84	0.01		0.094
Goma	kg		0.19	13.65		2.571
						<b>34.968</b>
<i>Equipos</i>						
Herramientas manuales	%mo		3.00	1.15		0.034
Moldes	hm	0.01	0.080	50		4.000
						<b>4.034</b>
<b>Costo unitario directo</b>						<b>40.15</b>

**Tabla 37***Costo Unitario de 1 Panel de 1.22 x 2.44 m con 7% de Fibras de Panca de Maíz*

<b>Rendimiento</b>	und/día	1	EQ	1		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>						
Operario	hh	0.010	0.080	10.59		0.847
Peón	hh	0.005	0.040	7.48		0.299
						<b>1.146</b>
<i>Materiales</i>						
Yeso	kg		30.73650	0.99		30.566
Fibras de panca de maíz	kg		2.1516	0.538		1.157
Silicato	kg		0.21516	1.50		0.323
Agua (lts)	lts		18.44190	0.01		0.092
Goma	kg		0.25819	13.65		3.524
						<b>35.662</b>
<i>Equipos</i>						
Herramientas manuales	%mo		3.00	1.15		0.034
Moldes	hm	0.01	0.080	50		4.000
						<b>4.034</b>
<b>Costo unitario directo</b>						<b>40.84</b>

**Tabla 38***Costo Unitario de 1 Panel de 1.22 x 2.44 m con 10% de Fibras de Panca de Maíz*

<b>Rendimiento</b>	und/día	1	EQ	1		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>						
Operario	hh	0.010	0.080	10.59		0.847
Peón	hh	0.005	0.040	7.48		0.299
						<b>1.146</b>
<i>Materiales</i>						
Yeso	kg		30.0755	0.99		29.908
Fibras de panca de maíz	kg		3.0076	0.538		1.617
Silicato	kg		0.3008	1.50		0.451
Agua (lts)	lts		18.0453	0.01		0.090
Goma	kg		0.3609	13.65		4.926
						<b>36.993</b>
<i>Equipos</i>						
Herramientas manuales	%mo		3.00	1.15		0.034
Moldes	hm	0.01	0.080	50		4.000
						<b>4.034</b>
<b>Costo unitario directo</b>						<b>42.17</b>

**e) Comparación del costo de producción para 1 panel**

Como las fibras de panca de maíz sustituyen proporcionalmente a la cantidad de yeso en la mezcla, el costo unitario del panel también se reduce conforme se acrecienta la cantidad de fibras de panca de maíz en la mezcla. El costo unitario del panel sin fibras se ha colocado en base al costo comercial de un panel drywall.

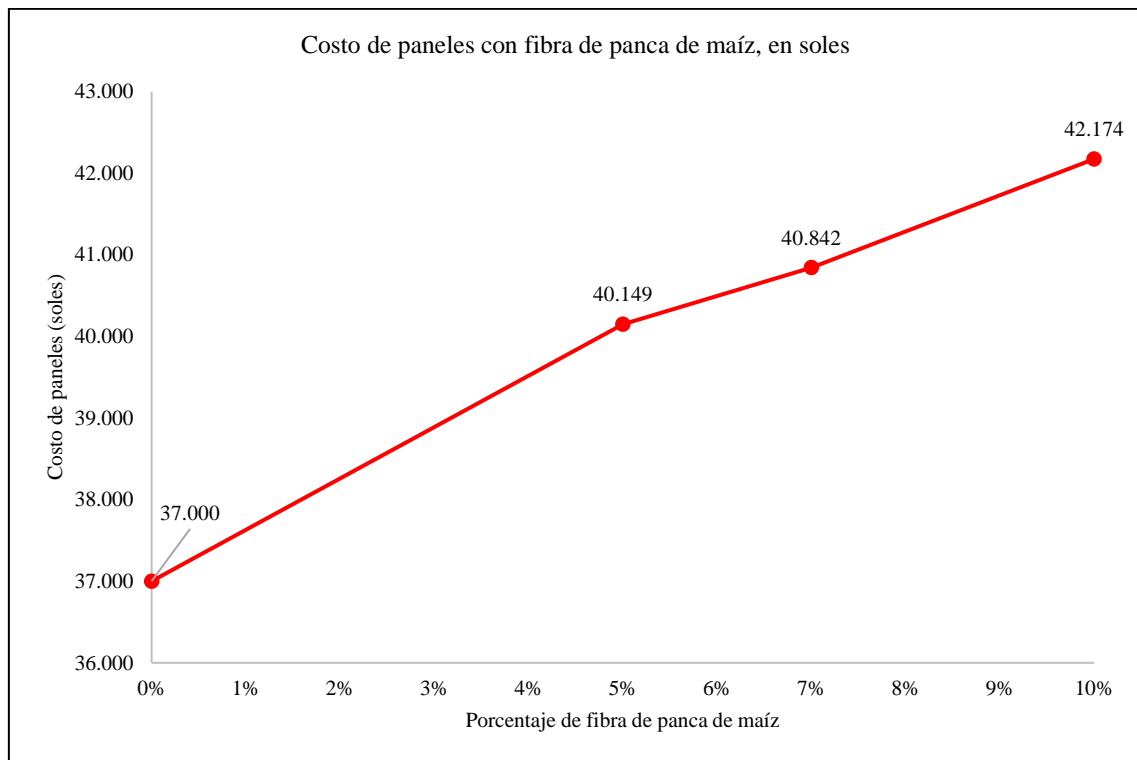
**Tabla 39**

*Comparación Económica de los Paneles de 1.22 x 2.44 m*

Porcentaje de fibras de panca de maíz	Costo unitario de 1 panel (soles)	Costo de incremento (soles)
0%	37.000	
5%	40.149	-3.15
7%	40.842	-3.84
10%	42.174	-5.17

**Figura 63**

*Comparación Económica de los Paneles de 1.22 x 2.44 m*



*Anexo G. Ensayos de laboratorio*

ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS MATERIALES (FIBRA DE PANCA DE  
MAÍZ)

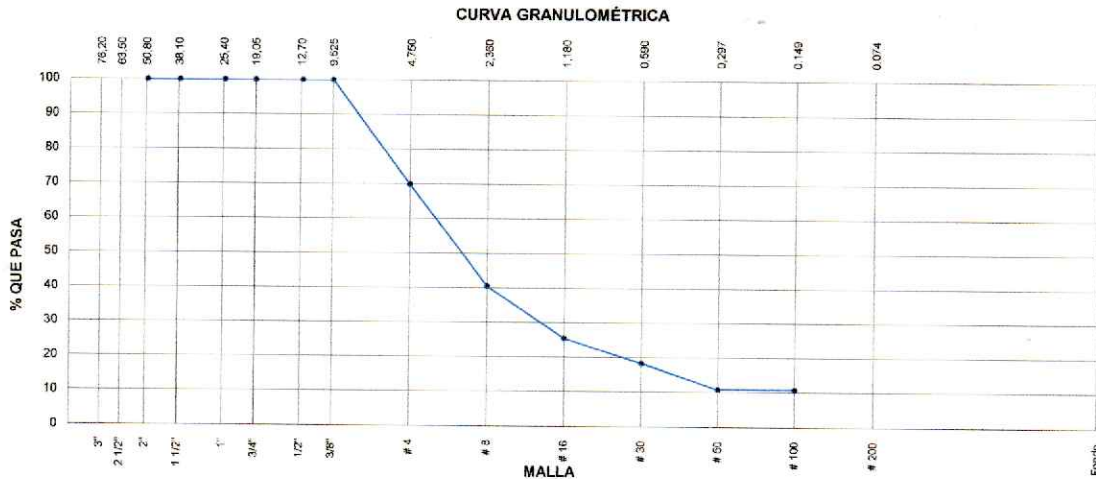


<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-63
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS MATERIALES</b>	Versión	01
	Fecha	-
	Página	1 de 1

Proyecto	"CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ"		
Solicitante	IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL	Ensayado por :	R.C.R
Ubicación de Proyecto	CHOTA	Fecha de Ensayo:	11/04/2023
Material	PANCA DE MAIZ	Turno:	Diurno
Tamaño Maximo	4"		

Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa
4"	100.00 mm			
3 1/2"	90.00 mm			
3"	75.00 mm			
2 1/2"	63.00 mm			
2"	50.00 mm			
1 1/2"	37.50 mm			
1"	25.00 mm			
3/4"	19.00 mm			
1/2"	12.50 mm			
3/8"	9.50 mm			100.00
# 4	4.75 mm	209.2	30.06	69.94
# 8	2.36 mm	205.1	29.47	40.47
# 16	1.18 mm	104.2	14.97	25.49
# 30	600 µm	49.8	7.16	18.34
# 50	300 µm	52.1	7.49	89.15
# 100	150 µm			
Fondo	-	75.5	10.85	0.00

MF	4.90
TMN	N° 4"



**OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE**

<b>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC</b>		
<b>TECNICO LEM</b>	<b>GERENTE</b>	<b>CQC - LEM</b>
Nombre y firma:  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:  <b>Geremias Rimarachin Rimarachin</b> GERENTE GENERAL	Nombre y firma:  <b>Geremias Rimarachin Rimarachin</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 267870



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

"CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".

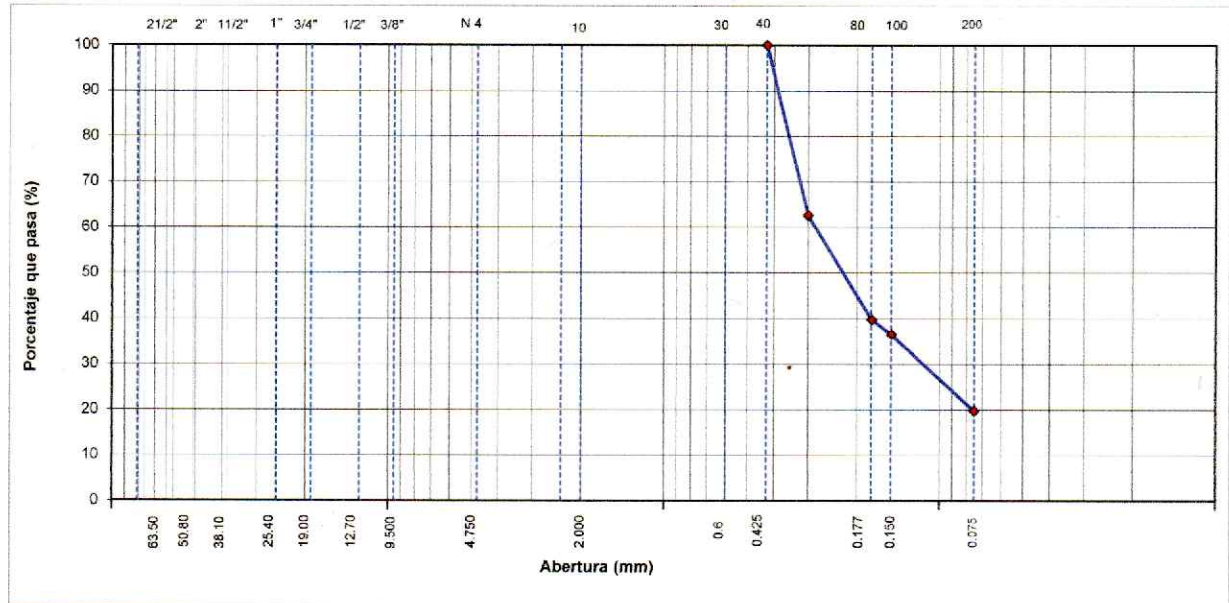
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

SOLICITANTE	: IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL	HECHO POR	: R.C.R
Material:	: YESO	ING. RESP.	: G.R.R
UBICACIÓN	: ACHOTA	FECHA	: 11/04/2023
		MASA INICIAL	: 584.0 g
		FRACCION SECA	: 584.0 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.000						
1/2"	12.700						
3/8"	9.500						
Nº 4	4.750						
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425				100.0		
Nº 50	0.300	218.10	37.3	37.3	62.7		
Nº 80	0.177	133.50	22.9	60.2	39.8		
Nº 100	0.150	19.00	3.3	63.5	36.5		
Nº 200	0.075	97.80	16.7	80.2	19.8		
< Nº 200	FONDO	115.60	19.8	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  
*Ivan Cieza Díaz*  
 Ivan Cieza Díaz  
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  
*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
 Geremias Rimarachin Rimarachin  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP Nº 267870



# INFORME DE MATERIALES

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### HUMEDAD NATURAL DE LOS MATERIALES

**PROYECTO :** "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".

**Solicitante:** IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL

**Material :** PANCA DE MAIZ

**Muestra :** M-1

**Ubicación del Proyecto :** CHOTA

**Tamaño Máximo:** N° 3/8

**Realizado Por :** R.C.R

**Ing. Responsable :** G.R.R

**Fecha :** 11-04-23

### HUMEDAD NATURAL DE PANCA

TARRO				RESULTADO
TARRO + SUELO HUMEDO	200.00			
TARRO + SUELO SECO	191.80			
AGUA	8.20			
PESO DEL TARRO	0.00			
PESO DEL SUELO SECO	191.80			
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.28			4.28

**Material:** YESO

**Ubicación de la Muestra:** -

**Tamaño Máximo:** 4"

### HUMEDAD NATURAL DEL YESO

TARRO				RESULTADO
TARRO + SUELO HUMEDO	400.00			
TARRO + SUELO SECO	388.90			
AGUA	11.10			
PESO DEL TARRO	0.00			
PESO DEL SUELO SECO	388.90			
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.850			2.85

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO LEM

Nombre y firma:

 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  
*Iván Cieza Díaz*  
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

GERENTE

Nombre y firma:

 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  
*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
 GERENTE GENERAL

CQC - LEM

Nombre y firma:

 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  
*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 267870



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS MATERIALES

**Proyecto** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".

**Solicitante** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL

**Atención** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL

**Muestra** : M-1

**Realizado Por** : R.C.R

**Ing. Responsable** : G.R.R

**Fecha** : 11-04-23

### DATOS DE LA MUESTRA

**Material**: YESO

**Ubicación de la Muestra**:

CHOTA

**Tamaño Máximo**:

Nº 3/8

### AGREGADO FINO - YESO

ITEM	DESCRIPCION	UND	1	RESULTADO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire )	gr	60.0	
B	Peso Mat. +Fiola +Agua	gr	651.0	
C	Peso Fiola + agua	gr	638.5	
D	Peso Material Seco en estufa ( 105°C )	gr		
E	Peso de la Muestra Sumergida	gr	12.5	
F	Volumen de la Muestra	gr/cm3	47.5	
G	Pe bulk ( Base seca )	gr/cm3	1.264	
H	Pe bulk ( Base saturada )	gr/cm3	1.264	
				<b>1.264</b>

### DATOS DE LA MUESTRA

**Material**: PANCA DE MAIZ

**Ubicación de la Muestra**:

4"

**Tamaño Máximo**:

### AGREGADO FINO - PANCA DE PAIZ

ITEM	DESCRIPCION	UND	1	RESULTADO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire )	gr	60.0	
B	Peso Mat. +Fiola +Agua	gr	1276.3	
C	Peso Fiola + agua	gr	1266.6	
D	Peso Material Seco en estufa ( 105°C )	gr		
E	Peso de la Muestra Sumergida	gr	9.7	
F	Volumen de la Muestra	gr/cm3	50.3	
G	Pe bulk ( Base seca )	gr/cm3	1.193	
H	Pe bulk ( Base saturada )	gr/cm3	1.193	
				<b>1.193</b>

**OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE**

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

Nombre y firma:



LABORATORIO  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

*Iván Cieza Díaz*  
Iván Cieza Díaz

LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Nombre y firma:



LABORATORIO  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
Geremias Rimarachin Rimarachin  
GERENTE GENERAL

Nombre y firma:



LABORATORIO  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
Geremias Rimarachin Rimarachin  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 267870

ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS PANELES FABRICADOS CON FIBRA DE  
PANCA DE MAÍZ



**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".  
**SOLICITANTE** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL  
**IDENTIFICACION** : PANEL DRYWALL  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : CHOTA  
**FECHA DE EMISIÓN** : 10/07/23  
**MATERIAL** : YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAIZ

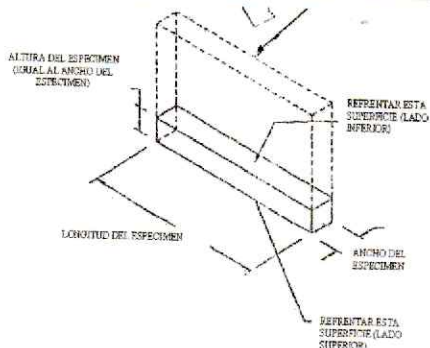
**REALIZADO POR:** Solicitante  
**REVISADO POR:** I.C.D  
**FECHA DE ENSAYO:** 10/07/2023  
**TURNO:** Diurno

**VARIACION DIMENSIONAL  
NTP 331.017.**

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
FIBRAS AL 5 % DE PANCA DE MAIZ	N° 01	500.00	0.02	0.03	200.00	0.01	0.01	15.00	0.02	0.02
FIBRAS AL 5 % DE PANCA DE MAIZ	N° 02	500.00	0.01	0.02	200.00	0.03	0.02	16.00	0.04	0.03
FIBRAS AL 5 % DE PANCA DE MAIZ	N° 03	500.00	0.02	0.04	200.00	0.02	0.03	15.00	0.03	0.04

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
FIBRAS AL 7 % DE PANCA DE MAIZ	N° 01	500.00	0.02	0.02	200.00	0.02	0.01	16.00	0.02	0.01
FIBRAS AL 7 % DE PANCA DE MAIZ	N° 02	500.00	0.01	0.05	200.00	0.01	0.02	15.00	0.04	0.02
FIBRAS AL 7 % DE PANCA DE MAIZ	N° 03	500.00	0.03	0.04	200.00	0.03	0.03	16.00	0.01	0.03

IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)	Prom	Var. (mm)	Var (%)
FIBRAS AL 10 % DE PANCA DE MAIZ	N° 01	500.00	0.01	0.01	200.00	0.01	0.01	15.00	0.02	0.02
FIBRAS AL 10 % DE PANCA DE MAIZ	N° 02	500.00	0.02	0.02	200.00	0.02	0.02	15.00	0.03	0.03
FIBRAS AL 10 % DE PANCA DE MAIZ	N° 03	500.00	0.03	0.03	200.00	0.03	0.03	16.00	0.04	0.01




**OBSERVACIONES:**

- Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
- Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC

<b>TECNICO LEM</b> Nombre y firma:  <b>Ivan Cieza Diaz</b> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	<b>JEFE LEM</b> Nombre y firma:  <b>Geremias Rimarachin Rimarachin</b> GERENTE GENERAL	<b>CQC - LEM</b> Nombre y firma:  <b>Geremias Rimarachin Rimarachin</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870
--	--	---

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-78
	<b>ABSORCIÓN DE AGUA EN UNIDAD DE ALBAÑILERIA NTP 339.613: 2017</b>	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".  
**Solicitante** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL  
**Identificación** : PANEL DRYWALL  
**Ubicación de Proyecto** : CHOTA  
**Material** : YESO Y FIBRA DE PANCA DE MAIZ

**Muestreado por** : Solicitante  
**Ensayado por** : G.R.R  
**Fecha de Ensayo**: 10/07/2023  
**Turno**: Diurno

FIBRAS AL 5 % DE PANCA DE MAIZ				
DATOS		1	2	3
1	Peso de la muestra sss (g)	628	620	630
2	Peso de la muestra secada al horno (g)	508	499	505
RESULTADOS		1	1	1
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		23.62	24.14	24.73
PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCION %				24.17


FIBRAS AL 7 % DE PANCA DE MAIZ				
DATOS		1	2	3
1	Peso de la muestra sss (g)	520	533	545
2	Peso de la muestra secada al horno (g)	439	440	442
RESULTADOS		1	1	1
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		18.41	21.14	23.30
PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCION %				20.95

FIBRAS AL 10 % DE PANCA DE MAIZ				
DATOS		1	2	3
1	Peso de la muestra sss (g)	543	535	544
2	Peso de la muestra secada al horno (g)	436	435	435
RESULTADOS		1	1	1
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		24.41	23.05	25.02
PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCION %				24.16

$$\% ABS = \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

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

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> GERENTE GENERAL	Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-78</b>
	<b>DENSIDAD DE LOS MATERIALES, PANCA Y YESO</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	-
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".  
**Solicitante** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL      **Muestreado por** : Solicitante  
**Identificación** : PANEL DRYWALL      **Ensayado por** : I.C.D  
**Ubicación de Proyecto** : CHOTA      **Fecha de Ensayo**: 10/07/2023  
**Material** : YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAIZ      **Turno**: Diurno

FIBRAS AL 5 % DE PANCA DE MAIZ						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	508	20.2	15	1.51	457.53	1.11
M2	499.42	20.1	15	1.51	455.27	1.10
M3	505.09	20.2	14.99	1.51	457.22	1.10

FIBRAS AL 7% DE PANCA DE MAIZ						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	439.15	20.1	15.1	1.55	470.44	0.93
M2	440	20.1	15.2	1.6	488.83	0.90
M3	442	20.2	15	1.58	478.74	0.92

FIBRAS AL 10% DE PANCA DE MAIZ						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	436.45	20.1	15.1	1.6	485.62	0.90
M2	434.79	20.1	15.1	1.6	485.62	0.90
M3	435.12	20.2	15	1.6	484.80	0.90

La densidad de los materiales de panca y yeso laminado Tipo D (o su combinación), determinada según lo indicado en el subcapítulo 6.11, debe ser como mínimo de 0,8 x 103 kg/m3 .

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:   <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:   <b>Geremias Rimarachin Rimarachin</b> GERENTE GENERAL	Nombre y firma:   <b>Ceremias Rimarachin Rimarachin</b> INGENIERO CIVIL Reg. C.P. N° 27375



**INFORME**

**MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DE FLEXIÓN**

Código: AE-FO-78  
 Versión: 01  
 Fecha: -  
 Página: 1 de 1

TESIS : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".

Solicitante : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL

Identificación : PANEL DRYWALL

Ubicación de Proyecto : CHOTA

Material : YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAIZ

Muestreado por : Solicitante  
 Ensayado por : I.C.D  
 Fecha de Ensayo: 12/07/2023  
 Turno: Diurno

FIBRAS AL 5 % DE PANCA DE MAIZ

MUESTRAS	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ESPESOR (cm)	LUZ LIBRE	CARGA DE ROTURA (Kg)	MODULO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	20	50	1.53	40	12	10.25
M2	20	50	1.53	40	10	8.54
M3	20	50	1.5	40	9	8.00

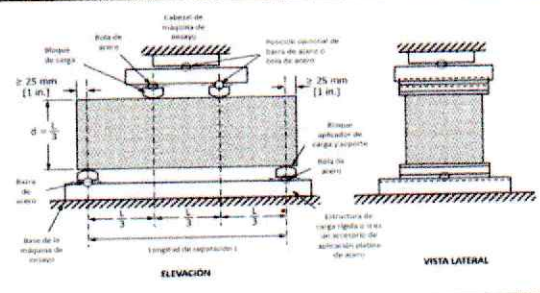
FIBRAS AL 7 % DE PANCA DE MAIZ

MUESTRAS	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ESPESOR (cm)	LUZ LIBRE	CARGA DE ROTURA (Kg)	MODULO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	20	50	1.5	40	27	24.00
M2	20	50	1.5	40	28	24.89
M3	20	50	1.5	40	30	26.67

FIBRAS AL 10 % DE PANCA DE MAIZ

MUESTRAS	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ESPESOR (cm)	LUZ LIBRE	CARGA DE ROTURA (Kg)	MODULO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	20	50	1.51	40	11.5	10.09
M2	20	50	1.53	40	13	11.11
M3	20	50	1.5	40	12.5	11.11

Formula: 
$$F = \frac{P_u \times l}{b \times t^2}$$



**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LEM

Nombre y firma:

**LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC**  
*Iván Cieza Díaz*  
**Iván Cieza Díaz**  
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

JEFE LEM

Nombre y firma:

**LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC**  
*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
**Geremias Rimarachin Rimarachin**  
 GERENTE GENERAL


CQC - LEM

Nombre y firma:

**LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC**  
*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
**Geremias Rimarachin Rimarachin**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 267970

## ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS PANELES COMERCIALES

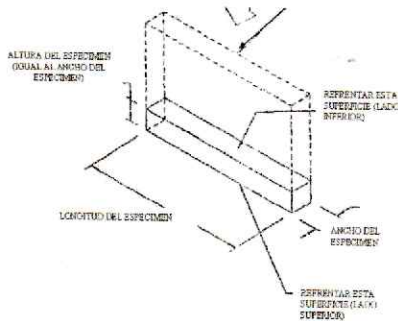


	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-182
	<b>MÉTODO DE PRUEBA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".  
**SOLICITANTE** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL  
**IDENTIFICACION** : PANEL DRYWALL  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : CHOTA  
**FECHA DE EMISIÓN** : 14/02/24  
**MATERIAL** : PANEL COMERCIAL

**REALIZADO POR:** Solicitante  
**REVISADO POR:** I.C.D  
**FECHA DE ENSAYO:** 14/02/2024  
**TURNO:** Diurno


VARIACION DIMENSIONAL NTP 331.017.										
IDENTIFICACIÓN	ESP.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
		Prom	Var. (mm)	TOLERANCIA	Prom	Var. (mm)	TOLERANCIA	Prom	Var. (mm)	TOLERANCIA
PANEL COMERCIAL	N° 01	2439.50	0.17	4.00	1222.0	1.00	5.00	12.70	0.00	0.50
PANEL COMERCIAL	N° 02	2439.50	1.50	4.00	1222.0	0.00	5.00	12.70	0.00	0.50
PANEL COMERCIAL	N° 03	2440.50	0.17	4.00	1222.0	0.33	5.00	12.70	0.00	0.50



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* Los insumos fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de GSE
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

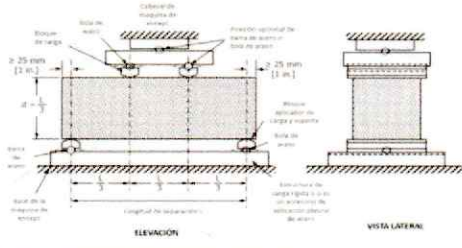
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Ivan Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> GERENTE GENERAL	Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 257870

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-78
	<b>MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DE FLEXIÓN</b>	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1


**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".  
**Solicitante** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL **Muestreado por** : Solicitante  
**Identificación** : PANEL DRYWALL **Ensayado por** : I.C.D  
**Ubicación de Proyecto** : CHOTA **Fecha de Ensayo** : 14/02/2024  
**Material** : PANEL COMERCIAL **Turno** : Diurno

PANEL COMERCIAL						
MUESTRAS	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ESPESOR (cm)	LUZ LIBRE	CARGA DE ROTURA (Kg)	MODULO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	20	50	1.3	40	181	214.20
M2	20	50	1.3	40	181	214.20
M3	20	50	1.3	40	182	215.38

Formula: 
$$F = \frac{P_u \times l}{b \times t^2}$$



GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> GERENTE GENERAL	Nombre y firma:  <b>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC</b> <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-78
	<b>DENSIDAD DE LOS MATERIALES, PANCA Y YESO</b>	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DEL PANEL DRYWALL DE YESO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PANCA DE MAÍZ".  
**Solicitante** : IRIGOIN CIEZA ANDER RONAL      **Muestreado por** : Solicitante  
**Identificación** : PANEL DRYWALL      **Ensayado por** : I.C.D  
**Ubicación de Proyecto** : CHOTA      **Fecha de Ensayo**: 14/02/2024  
**Material** : PANEL COMERCIAL      **Turno**: Diurno

PANEL COMERCIAL						
MUESTRAS	PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD(gr/cm3)
M1	198.00	20	15	1.27	381.00	0.52
M2	198.00	20	15	1.27	381.00	0.52
M3	198.00	20	15	1.27	381.00	0.52

La densidad de los materiales de panca y yeso laminado Tipo D (o su combinación), determinada según lo indicado en el subcapítulo 6.11, debe ser como mínimo de 0,8 x 103 kg/m3 .

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y  <b>Iván Cieza Díaz</b> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y  <b>Geremias Rimarachin</b> GERENTE GENERAL	Nombre y firma:  <b>Geremias Rimarachin</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870