

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS  
MATERIALES.**



**“CARACTERIZACIÓN DEL YESO DE CONSTRUCCIÓN EN EL  
MERCADO REGIONAL”**

**Por:**

**ESTEBAN REYNOSO JÁUREGUI**

**SEMESTRE I - 2020**

**Tarija – Bolivia**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS**  
**MATERIALES.**

**“CARACTERIZACIÓN DEL YESO DE CONSTRUCCIÓN EN EL**  
**MERCADO REGIONAL”**

**Por:**

**ESTEBAN REYNOSO JÁUREGUI**

**SEMESTRE I - 2020**

**TARIJA – BOLIVIA**

.....

Ing. Paul Dennis Carrasco Arnold

**DOCENTE Proyecto de Ingeniería Civil II CIV - 502**

.....

M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gonzalvez

**DECANO FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

.....

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....

PhD Ing. Arturo Juan Jesús Dubravcic Alaiza

.....

Ing. Javier Castellanos Vásquez

.....

M. Sc. Ing. Armando Almendras Saravia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

### **DEDICATORIAS:**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por motivar el estudio y el cariño a esta profesión y por inculcarme los valores éticos que definen la persona que soy.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar mis estudios y brindarme salud. A mi madre Zulema Leonor Jáuregui Claire y mi padre Rubén Alejandro Reynoso Gómez por todo el amor y apoyo incondicional en el trayecto de esta etapa de mi vida; a mis abuelos y tíos por sus grandes palabras que me sirvieron de motivación y a mis docentes por sus consejos y experiencias que me ayudarán en el futuro campo laboral.

**PENSAMIENTO:**

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

(Albert Einstein)

## ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	1
1.3. Objetivos .....	1
1.3.1. General .....	1
1.3.2. Específicos .....	2
1.4. Alcance del estudio .....	2
1.4.1. Espacial .....	2
1.4.2. Conceptual.....	3
1.4.2.1. Caracterización del yeso .....	3
1.4.2.2. Comparación de las propiedades del yeso, manipulación y el impacto ambiental .....	3
1.5. El estudio.....	4
1.5.1. Tipo de estudio.....	4
1.5.2. Método de estudio .....	4
1.5.3. Tratamiento de la información .....	4
1.5.3.1. Fuentes y recolección.....	4
1.5.3.2. Análisis .....	4
2. MARCO CONCEPTUAL: EL YESO DE CONSTRUCCIÓN, SU FABRICACIÓN, USO Y ENSAYOS. ....	5



2.1.	El yeso en la construcción .....	5
2.2.	Geología de las vetas de yeso.....	6
2.3.	Fabricación del yeso.....	9
2.4.	Datos técnicos del proceso de fabricación de yeso .....	12
2.5.	Composición química del yeso.....	15
2.6.	Efecto del calor sobre el sulfato de calcio di-hidratado. ....	16
2.7.	Ensayos químicos .....	18
2.7.1.	Análisis espectrómetros de fluorescencia de rayos X en el yeso .....	18
2.7.2.	Determinación de humedad o agua libre.....	19
2.7.2.1.	Determinación del tiempo de actividad del yeso comercial .....	19
2.8.	Ensayos físicos .....	21
2.8.1.	Finura del yeso .....	21
2.8.2.	Tiempo de Fraguado .....	23
2.8.3.	Relación agua/yeso.....	25
2.8.4.	Determinación del peso específico.....	26
2.8.5.	Preparación de probetas de ensayo y determinación del peso volumétrico del yeso fraguado.....	29
2.9.	Ensayos mecánicos.....	30
2.9.1.	Resistencia a flexión .....	30
2.9.2.	Resistencia a compresión .....	30
2.9.3.	Determinación de la dureza.....	31
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
3.1.	Análisis del espacio de estudio.....	33
3.2.	Ensayos químicos .....	33

3.2.1.	Análisis espectrómetros de fluorescencia de rayos X en el yeso .....	33
3.2.2.	Determinación de humedad o agua libre.....	34
3.3.	Ensayos físicos .....	39
3.3.1.	Finura del yeso .....	39
3.3.2.	Tiempo de Fraguado .....	44
3.3.3.	Relación agua/yeso.....	46
3.3.4.	Determinación del peso específico.....	47
3.3.5.	Preparación de probetas de ensayo y determinación del peso volumétrico del yeso fraguado.....	48
3.4.	Ensayos mecánicos.....	50
3.4.1.	Resistencia a flexión .....	50
3.4.2.	Resistencia a compresión .....	52
3.4.3.	Determinación de la dureza.....	53
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	55
4.1.	Cumplimiento de los resultados respecto a normativas estudiadas.....	55
4.2.	Comparación de propiedades .....	56
4.3.	Ficha técnica.....	58
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1.	Conclusiones .....	63
5.2.	Recomendaciones.....	67
	BIBLIOGRAFÍA .....	70
	Bibliografía.....	70

## Índice de Anexos

	Página
Anexo 1 Respaldo de ensayos químicos .....	72
Anexo 2 Datos de laboratorio del ensayo de determinación de humedad .....	72
Anexo 3 Cálculos del ensayo de determinación de humedad .....	76
Anexo 4 Datos de laboratorio del ensayo de finura del yeso .....	81
Anexo 5 Cálculos del ensayo de finura del yeso.....	82
Anexo 6 Datos de laboratorio del ensayo de tiempo de fraguado.....	83
Anexo 7 Datos de laboratorio del ensayo de relación agua/yeso.....	85
Anexo 8 Datos de laboratorio del ensayo de peso específico. ....	86
Anexo 9 Cálculos del proceso de la preparación de probetas.....	97
Anexo 10 Calibración de anillo dinamométrico para ensayo a flexión. ....	100
Anexo 11 Datos de laboratorio del ensayo de resistencia a flexión.....	101
Anexo 12 Calibración de anillo dinamométrico para ensayo a compresión. ....	103
Anexo 13 Datos de laboratorio del ensayo de resistencia a compresión. ....	104
Anexo 14 Datos de laboratorio del ensayo de determinación de la dureza. ....	106
Anexo 15 Tablas de los requerimientos de las normativas. ....	108

## Índice de Tablas

	Pagina
Tabla 2.1 Uso del ventilador durante el proceso de cocido de yeso .....	13
Tabla 2.2 Cantidades de material que ingresa al horno. ....	15
Tabla 2.3 Composición química en óxidos de los sulfatos de cálcicos naturales. ....	16
Tabla 2.4 Peso Molecular Ca (SO <sub>4</sub> ) .....	20
Tabla 2.5 Peso Molecular H <sub>2</sub> O.....	20
Tabla 3.1 Análisis químico de yeso .....	33
Tabla 3.2 Contenido de humedad .....	34
Tabla 3.3 Contenido de humedad en sulfato de calcio.....	35
Tabla 3.4 Contenido de humedad .....	36
Tabla 3.5 Contenido de humedad en sulfato de calcio.....	36
Tabla 3.6 Contenido de humedad en muestras de sulfato de calcio en el tiempo.....	37
Tabla 3.7 Proceso de pérdida de actividad del yeso en el tiempo.....	38
Tabla 3.8 Contenido de humedad en muestras de sulfato de calcio en el tiempo.....	38
Tabla 3.9 Proceso de pérdida de actividad del yeso en el tiempo.....	39
Tabla 3.10 Tamices que exige la norma y disponibles en laboratorio .....	40
Tabla 3.11 Porcentaje de yeso que pasa.....	41
Tabla 3.12 Relación agua/yeso vs tiempo de fraguado.....	44
Tabla 3.13 Datos del ensayo de Vicat .....	45
Tabla 3.14 Resumen del ensayo de Vicat .....	45
Tabla 3.15 Requisito de las normativas .....	46
Tabla 3.16 Resumen del ensayo de relación agua/yeso .....	47
Tabla 3.17 Resumen del ensayo de determinación de peso específico.....	48
Tabla 3.18 Peso volumétrico del yeso fraguado .....	49
Tabla 3.19 Rendimiento del yeso de construcción.....	50
Tabla 3.20 Características del anillo y del comparador .....	50
Tabla 3.21 Resumen del ensayo de resistencia a flexión .....	52
Tabla 3.22 Características del anillo y del comparador .....	52

Tabla 3.23 Resumen del ensayo de resistencia a compresión.....	53
Tabla 3.24 Comparación de escalas de dureza.....	54
Tabla 3.25 Resumen del ensayo de dureza .....	54
Tabla 4.1 Resumen de cumplimiento a la normativa NCh 143 .....	55
Tabla 4.2 Resumen de cumplimiento a la normativa NB 122004 .....	56
Tabla 4.3 Comparación de resultados obtenidos en los laboratorios .....	57
Tabla 4.3 Ficha Técnica Muestra: El Huayco .....	59
Tabla 4.4 Ficha Técnica Muestra: Zapallar.....	61

## Índice de Ilustraciones

	Página
Ilustración 1.1 Ubicación de los hornos de calcinación.....	3
Ilustración 2.1 Vetas de extracción de la piedra de aljez .....	8
Ilustración 2.2 Extracción y transporte de la piedra de Aljez .....	8
Ilustración 2.3 Calcinación del yeso de construcción .....	10
Ilustración 2.4 Horno de calcinación de yeso .....	11
Ilustración 2.5 Proceso de calcinación del yeso en un horno tradicional.....	11
Ilustración 2.6 Distribución de temperatura en el horno.....	14
Ilustración 2.7 Horno de calcinación del yeso. ....	14
Ilustración 2.8 Calcinación de la roca de aljez.....	17
Ilustración 2.9 Ilustración del Aparato de Vicat .....	24
Ilustración 2.10 Matraz de Le Chatelier.....	29
Ilustración 3.1 Comportamiento de la pérdida de actividad en el tiempo.....	37
Ilustración 3.2 Comportamiento de la pérdida de actividad en el tiempo.....	39
Ilustración 3.3 Curva de distribución granulométrica.....	42
Ilustración 3.4 Curva de distribución granulométrica.....	43
Ilustración 3.5 Diagrama de fuerzas en el ensayo de flexión.....	51