



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL  
MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO  
RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-2-  
CEN**

---

**PRESENTADO POR:**

- **KATHERINE SOLANGE CUEVA  
VALENZUELA**
- **YHON ELVIS HUAMÁN VILLA**

Para optar el título de Ingeniero Civil

**ASESOR:**

**Dr. Ing. VÍCTOR CHACÓN SÁNCHEZ**

**CUSCO – PERÚ**  
**2019**



### **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación se lo dedico:

A mi padre, Percy Cueva Bolaños por su ejemplo de perseverancia, estudio, responsabilidad y valores que me ha infundado siempre a lo largo de mi vida personal y universitaria por su amor incondicional.

A mi madre, Elizabeth Valenzuela Pinares por darme la vida, por su confianza, sus consejos y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien a ella por su amor infinito.

A mis abuelos, Nicolás Cueva, Victoria Bolaños, Jaime Valenzuela por todo su cariño y siempre estar preocupados por mí y estar en cada paso que doy en mi vida personal y profesional, también dedicarlo a mi abuelita Antonia Pinares que desde el cielo me protege y guía para ser una persona de bien.

Katherine Solange Cueva Valenzuela.



### **Dedicatoria**

La presente Tesis la dedico a mis padres Luis Huamán Quispirimachi y Doris Villa Cabrera, por enseñarme a crecer y a que si me caigo debo levantarme, por su apoyo incondicional y por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí.

También a mis hermanos Wilmer Huamán Villa y Jhonatan Huamán Villa porque siempre están a mi lado apoyándome.

Yhon Elvis Huamán Villa



### Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por concederme salud, fortaleza y voluntad para cumplir con éxito mis metas y sueños anhelados.

A mis padres Percy Cueva y Elizabeth Valenzuela, por ser el principal motor y pilar para poder lograr mis objetivos, por su apoyo incondicional en la parte moral y económica para así poder lograr ser un profesional en la Patria.

Agradezco a la Universidad Andina del Cusco que me abrió las puertas de sus aulas y los docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para mi desempeño profesional.

A mi asesor de tesis Dr. Víctor Chacón Sánchez, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también por su apoyo y ser guía en todo el proceso de elaboración de la tesis.

A mi compañero de tesis Yhon Elvis Huamán Villa por su amistad, por su tiempo, paciencia, motivación y apoyo incansable para poder culminar de manera satisfactoria con este sueño.

A toda mi familia que con sus muestras de cariño, confianza y apoyo moral me motivaron a poder encaminar y culminar este trabajo de investigación.

A mis buenos amigos y compañeros de universidad Abigail Cusi, Dayoleth Pereira, Mary Cielo Aranibar y Kevin Ayma por su amistad, compañía, ánimos y consejos para poder lograr mis metas.

A mi mejor amiga Jessenia Rupa, por su linda amistad, por sus ánimos, sus palabras de motivación y compañía a lo largo del desarrollo de este trabajo.

Katherine Solange Cueva Valenzuela.



### Agradecimientos

Agradezco a Dios por ayudarme ya que gracias a él he logrado terminar mi carrera,

Por la fortaleza y la Voluntad que me dio para poder realizar esta Investigación.

Agradezco a mis padres y hermanos por ser los principales

Promotores de mis sueños, gracias por confiar y creer en mí,

Gracias a mi madre por siempre estar pendiente y por todo su cariño

y por sus consejos de no rendirme.

Gracias a mi padre que siempre desear lo mejor para mi vida y

por cada una de sus palabras que me guiaron en el camino de mi vida.

Agradezco a la Universidad Andina del Cusco por haberme aceptado ser parte de ella

Y haberme abierto las puertas para poder estudiar mi carrera, así como

También a los docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo.

A mi compañera de Tesis Katherine Solange Cueva,

quien fue mi mano derecha durante todo este tiempo en la universidad,

Gracias por ayudarme cuando lo necesite. Le digo gracias no solo por la ayuda,

sino por cada momento bueno que convivimos.

Finalmente agradecerle al Dr. Víctor Chacón Sánchez por los consejos

y recomendaciones en la elaboración de la Tesis.

A todos ellos gracias por ser parte importante para poder terminar esta Investigación.

Yhon Elvis Huamán Villa



## Resumen

El presente trabajo tuvo como finalidad analizar la variabilidad de las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo respecto a la cantera de Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción parte 2: Métodos de Ensayo, al variar las relaciones agua yeso manteniendo constante el peso de yeso. Haciendo uso como materia prima el yeso producido en la cantera de Huarcocondo de la Provincia de Anta y de la cantera de Huacarpay de la Provincia de Quispicanchis. Para realizar la investigación se utilizó tres relaciones de agua yeso de 0.6, 0.7 y 0.8, que nos permitieron determinar las propiedades mecánicas de ambas canteras. Se realizaron 84 unidades prismáticas que fueron utilizadas en el ensayo de resistencia a flexión y otros especímenes se utilizaron en el ensayo de resistencia a compresión. De igual manera se elaboraron 36 unidades para el ensayo de dureza y finalmente se utilizaron 7 kg de yeso del pasante por la malla N° 50 para determinar el tiempo de fraguado. Al término de la investigación se llegó a la conclusión que las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo presenta mejores propiedades mecánicas referidas a flexión, compresión en la relación de agua yeso 0.7, dureza en la relación agua yeso de 0.6 y 0.8 y presenta un mayor tiempo de fraguado es decir tiene más tiempo de trabajabilidad respecto al producido en la cantera de Huacarpay.

### **PALABRAS CLAVE:**

Yeso, Mortero de Yeso, Propiedades Mecánicas, Resistencia a Flexión, Resistencia a Compresión, Dureza, Tiempo de Fraguado, Cantera de Yeso Huarcocondo, Cantera de Yeso Huacarpay.



### Abstract

The purpose of this work was to analyze the variability of the mechanical properties of the gypsum mortar produced in the quarry of Huarcocondo with respect to the Huacarpay quarry according to the UNE-EN 13279-2-CEN standard Plaster-based construction plasters and binders for The construction part 2: Test Methods, by varying the water plaster ratios keeping the plaster weight constant. Using as raw material the plaster produced in the quarry of Huarcocondo of the Province of Anta and of the quarry of Huacarpay of the Province of Quispicanchis. To carry out the investigation, three gypsum water ratios were used that allowed us to determine the mechanical properties of both quarries. 84 prismatic units were made that were used in the flexural strength test and other specimens were used in the compressive strength test. In the same way, 36 units were prepared for the hardness test and finally 7 kg of plaster of the intern was used by the No. 50 mesh to determine the setting time. At the end of the investigation it was concluded that the mechanical properties of the gypsum mortar produced in the quarry of Huarcocondo have better mechanical properties related to bending, compression in the ratio of gypsum water 0.7, hardness in the ratio of gypsum water of 0.6 and 0.8 and has a longer setting time, that is, it has more work time compared to that produced in the Huacarpay quarry.

### KEY WORDS

Plaster, Plaster Mortar, Mechanical Properties, Flexural Resistance, Compressive Resistance, Hardness, Setting Time, Huarcocondo Plaster Quarry, Huacarpay Plaster Quarry.



## Introducción

La presente investigación tuvo como principal objetivo de determinar la variabilidad en las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo respecto al producido en la cantera de Huacarpay según la Norma UNE-EN 13279-2-CEN para su uso como material de revestimiento en la construcción. Teniendo en cuenta que las formaciones geológicas no son las mismas en un lugar respecto de otro.

Esta investigación tiene gran importancia ya que podremos diferenciar la variabilidad de los morteros de yeso de dos canteras de yeso evaluando, sus resistencias a compresión, flexión, dureza y el tiempo de fraguado, que se lograran determinar de las dos canteras en evaluación para ser utilizados como material de revestimiento en la construcción en la ciudad de Cusco.

Para haber determinado la variación de las propiedades mecánicas del mortero de yeso de las canteras productoras de yeso Huarcocondo y Huacarpay, se consideró tres relaciones agua yeso de 0.6, 0.7 y 0.8 según antecedentes.

Las canteras en estudio están situadas en el Departamento de Cusco, la cantera productora de yeso de Huarcocondo está situado en la Provincia de Anta, Distrito de Huarcocondo. La cantera productora de yeso de Huacarpay está situado en la Provincia de Quispicanchis, Distrito de Lucre, ambas canteras presentan accesibilidad accidentada.

Los ensayos realizados se realizaron de acuerdo a la norma europea UNE 13279-2, como también el procedimiento de los ensayos.

En el Perú hoy en día no existe una norma que determine los parámetros de calidad del yeso, por esta razón en esta investigación se tomó como referencia la norma europea UNE 13279-2.





**Índice General**

Dedicatoria .....i

Dedicatoria ..... ii

Agradecimientos..... iii

Agradecimientos.....iv

Resumen .....v

Abstract .....vi

Introducción ..... vii

Índice General ..... viii

Índice de Tablas ..... xii

Índice de Figuras .....xvi

1. Capítulo I: Planteamiento del Problema..... 1

1.1. Identificación del Problema ..... 1

1.1.1. Descripción del Problema..... 1

1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema..... 7

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación ..... 7

1.2.1. Justificación Técnica ..... 7

1.2.2. Justificación Social ..... 8

1.2.3. Justificación por Viabilidad..... 8

1.2.4. Justificación por Relevancia..... 8

1.3. Limitaciones de la Investigación..... 9

1.3.1. Limitaciones Instrumentales..... 9

1.3.2. Limitaciones de Pruebas ..... 9

1.4. Objetivos de la Investigación ..... 10

1.4.1. Objetivo General..... 10

1.4.2. Objetivos Específicos ..... 10



2.	Capitulo II: Marco Teórico .....	11
2.1.	Antecedentes de la Investigación .....	11
2.1.1.	Antecedentes a Nivel Nacional.....	11
2.2.	Aspectos Teóricos Pertinentes .....	13
2.2.1.	Evolución Histórica de la Utilización del Yeso.....	13
2.2.2.	El yeso .....	16
2.2.3.	Relación agua yeso .....	16
2.2.4.	Deshidrataciones e Hidratación .....	17
2.2.5.	Aplicación de Yesos en la Construcción .....	20
2.2.6.	Procesos de Fabricación del Yeso para la Construcción .....	21
2.2.7.	Tiempo de Fraguado .....	27
2.2.8.	Propiedades Mecánicas del Mortero de Yeso.....	31
2.2.9.	Las Propiedades de los yesos de moldeo y enlucidos y sus ensayos.....	34
2.3.	Hipótesis.....	36
2.3.1.	Hipótesis General .....	36
2.3.2.	Sub Hipótesis .....	36
2.4.	Definición de Variables.....	37
2.4.1.	Variables Independientes.....	37
2.4.2.	Variables Dependientes .....	37
2.4.3.	Cuadro de Operacionalización de Variables .....	38
3.	Capitulo III: Metodología.....	39
3.1.	Metodología de la Investigación .....	39
3.1.1.	Enfoque de la Investigación .....	39
3.1.2.	Nivel o alcance de la Investigación .....	39
3.1.3.	Método de la Investigación.....	39



3.2.	Diseño de la Investigación .....	39
3.2.1.	Diseño Metodológico .....	39
3.2.2.	Diseño de Ingeniería.....	40
3.3.	Población y Muestra.....	42
3.3.1.	Población .....	42
3.3.2.	Muestra .....	42
3.3.3.	Criterios de Inclusión.....	43
3.4.	Instrumentos .....	43
3.4.1.	Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.....	43
3.4.2.	Instrumentos de Ingeniería .....	52
3.5.	Procedimiento de recolección de Datos .....	55
3.5.1.	Ensayo de Resistencia a Flexión .....	55
3.5.2.	Ensayo de Resistencia a Compresión .....	64
3.5.3.	Ensayo de determinación de Dureza. ....	73
3.5.4.	Toma de Datos del ensayo para la determinación del Tiempo de Fraguado.....	82
3.6.	Procedimiento de Análisis de Datos.....	91
3.6.1.	Resistencia a Flexión .....	91
3.6.2.	Resistencia a la Compresión.....	105
3.6.3.	Determinación de la Dureza .....	117
3.6.4.	Determinación del Tiempo de Fraguado .....	125
4.	Capitulo IV: Resultados .....	134
4.1.	Resistencia a Flexión.....	134
4.2.	Resistencia a Compresión .....	135
4.3.	Dureza .....	136
4.4.	Tiempo de Fraguado.....	137



Capítulo V: Discusión .....	138
Glosario .....	140
Conclusiones .....	142
Recomendaciones .....	144
Referencias .....	145
Anexos.....	146
Anexo 1: Matriz de Consistencia .....	146
Anexo 2: Método Estadístico Utilizado .....	147
Anexo 3: Panel Fotográfico.....	150
Anexo 4: Fichas de Recolección de Datos en Laboratorio .....	165
Anexos5: Fichas de Laboratorio .....	177



**Índice de Tablas**

Tabla 1 .....4

Tabla 2 Coordinadas UTM de la cantera de Huacarpay.....6

Tabla 3 Cantidad de muestras para ensayos de resistencia mecánica. ....43

Tabla 4 Equipos e Instrumentos utilizados en la prueba de Resistencia a la Flexión .....55

Tabla 5 Equipos utilizados para determinar la resistencia a la compresión .....64

Tabla 6 Equipos utilizados para determinar la dureza .....73

Tabla 7 Equipos utilizados en la determinación del Tiempo de Fraguado. ....82

Tabla 8 Determinacion del Promedio de Valores Obtenidos .....92

Tabla 9 Diferencia entre el valor obtenido y el promedio calculado .....92

Tabla 10.....93

Tabla 11 Verificacion de la condicion de la desviacion estandar .....93

Tabla 12 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a flexión de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.6 .....94

Tabla 13 Calculo de la Resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.6.....94

Tabla 14 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a flexión de yeso producido en la cantera de Huarcocondo relación agua/yeso 0.6 .....95

Tabla 15 Calculo de la Resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo relación agua/yeso 0.6. ....96

Tabla 16 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a flexión de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.7 .....97

Tabla 17 Calculo de la Resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.7.....97

Tabla 18 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a flexión de yeso producido en la cantera de Huarcocondo relación agua/yeso 0.7 .....98

Tabla 19 Calculo de la Resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo relación agua/yeso 0.7. ....99

Tabla 20 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a flexión de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.8 ..... 100



Tabla 21 Calculo de la Resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.8..... 100

Tabla 22 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a flexión de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.8. .... 101

Tabla 23 Calculo de la Resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.8. .... 102

Tabla 24 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.6..... 106

Tabla 25 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.6..... 106

Tabla 26 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.6 ..... 107

Tabla 27 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.6. .... 108

Tabla 28 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.7..... 109

Tabla 29 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.7..... 109

Tabla 30 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.7. .... 110

Tabla 31 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.7. .... 111

Tabla 32 *Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.8. .... 112*

Tabla 33 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay relación agua/yeso 0.8..... 112

Tabla 34 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo a compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.8 ..... 113

Tabla 35 Calculo de la Resistencia a Compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo relación agua/yeso 0.8. .... 114



Tabla 36 Procesamiento de Datos para la determinación de la Dureza para la cantera de Huacarpay 0.6..... 117

Tabla 37 Procesamiento de Datos para la determinación de la Dureza para la cantera de Huarocondo 0.6..... 118

Tabla 38 Procesamiento de Datos para la determinación de la Dureza para la cantera de Huacarpay 0.7..... 119

Tabla 39 Procesamiento de Datos para la determinación de la Dureza para la cantera de Huarocondo 0.7..... 120

Tabla 40 Procesamiento de Datos para la determinación de la Dureza para la cantera de Huacarpay 0.8..... 121

Tabla 41 Procesamiento de Datos para la determinación de la Dureza para la cantera de Huarocondo 0.8..... 122

Tabla 42 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo de tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay con relación agua/yeso 0.6 ..... 126

Tabla 43 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo de tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huarocondo con relación agua/yeso 0.6 ..... 127

Tabla 44 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo de tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay con relación agua/yeso 0.7 ..... 128

Tabla 45 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo de tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huarocondo con relación agua/yeso 0.7 ..... 129

Tabla 46 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo de tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay con relación agua/yeso 0.8 ..... 130

Tabla 47 Selección de Datos con el uso de la desviación estándar en el ensayo de tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huarocondo con relación agua/yeso 0.8 ..... 131



Tabla 48 Resumen de Resultados Obtenidos en el ensayo de Resistencia Flexión de ambas canteras ..... 134

Tabla 49 Resumen de Resultados obtenidos en el ensayo de Resistencia a Compresión de ambas canteras ..... 135

Tabla 50 Cuadro Resumen de Resultados de la determinación de Dureza ..... 136

Tabla 51 Cuadro Resumen de Resultados de la determinación del tiempo de Fraguado ..... 137





**Índice de Figuras**

Figura 1: Reconocimiento de las canteras de Huarocondo y Huacarpay ..... 1

Figura 2: Horno de la cantera de Huacarpay .....2

Figura 3: Horno de la cantera de Huarocondo .....2

Figura 4: Ubicación de la cantera de Huarocondo .....3

Figura 5: Delimitación de la cantera de Huarocondo.....4

Figura 6: Ubicación de la cantera de Huacarpay.....5

Figura 7: Delimitación de la cantera de Huacarpay .....6

Figura 8: Deshidratación e hidratación del agua ..... 17

Figura 9: Molienda de la roca de yeso ya cocida en la cantera de Huacarpay .....22

Figura 10: Materia cocida para la trituración en la cantera de Huarocondo .....23

Figura 11: Material cocido para la trituración en la cantera de Huacarpay .....23

Figura 12: Clasificación de Hornos para la cocción de la piedra de yeso(Aljez) .....24

Figura 13: Tiempo de fraguado de los yesos.....28

Figura 14: Ensayo de determinación del tiempo de fraguado .....29

Figura 15: Determinación de principio de fraguado del mortero de yeso.....30

Figura 16: Determinación del final de fraguado del mortero de Yeso.....30

Figura 17: Resistencia con secado y endurecimiento del yeso .....36

Figura 18: Flujograma de la Tesis.....41

Figura 19: Guía de observación para la toma de datos para la resistencia a la Flexión.....44

Figura 20: Guía de bservación para la toma de datos para la resistencia a la compresión .....45

Figura 21: Guía de observación para la toma de datos para el ensayo de dureza. ....46

Figura 22: Guía de observación para la toma de datos para el tiempo de fraguado.....47

Figura 23: Guía para la determinación de la resistencia a la flexión .....48

Figura 24: Guía para la determinación de la resistencia a la compresión .....49

Figura 25: Guía para la determinación de la dureza.....50

Figura 26: Guía para la determinación de los tiempos de fraguado.....51

Figura 27: Equipo de compresión CBR .....52

Figura 28: Vernier .....52

Figura 29: Placas de aplicación de carga. ....53

Figura 30: Rodillos para la carga de aplicación ensayo de flexión.....53



Figura 31: Balanza de precisión .....53

Figura 32: Horno eléctrico para secado de las muestras prismáticas .....54

Figura 33: Marcado para referenciar la ubicación de los rodillos para ensayo de flexión.....56

Figura 34: Colocado de probeta en el Equipo de CBR para ensayo de flexión. ....56

Figura 35: Probetas sometidas a ensayo de flexión hasta su falla.....57

Figura 36: Probetas después del ensayo de resistencia a flexión .....57

Figura 37: Toma de Datos del ensayo de Resistencia a Flexión Cantera Huacarpay 0.6 .....58

Figura 38:Toma de Datos del ensayo de resistencia a flexión cantera Huacarpay 0.7 .....59

Figura 39: Toma de Datos del ensayo de resistencia a flexión cantera Huacarpay 0.8 .....60

Figura 40: Toma de Datos del ensayo de resistencia a flexión cantera Huarcocondo 0.6.....61

Figura 41: Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión cantera Huarcocondo 0.7.....62

Figura 42: Toma de datos del ensayo de resistencia a flexión cantera Huarcocondo 0.8.....63

Figura 43: Medición de las secciones de las probetas para ensayo de resistencia a compresión..65

Figura 44: Colocado de los trozos de las probetas para el ensayo de compresión.....65

Figura 45: Ruptura de los trozos de las probetas en el ensayo de la resistencia a compresión.....66

Figura 46: Trozos de las probetas después del ensayo a compresión .....66

Figura 47: Datos obtenidos en el ensayo resistencia a compresión Huacarpay 0.6 .....67

Figura 48: Datos obtenidos en el ensayo resistencia a compresión Huacarpay 0.7 .....68

Figura 49: Datos obtenidos en el ensayo resistencia a compresión Huacarpay 0.8 .....69

Figura 50: Datos obtenidos en el ensayo resistencia a compresión Huarcocondo 0.6.....70

Figura 51: Datos obtenidos en el ensayo resistencia a compresión Huarcocondo 0.7.....71

Figura 52: Datos obtenidos en el ensayo resistencia a compresión Huarcocondo 0.8.....72

Figura 53: Probetas marcadas para realizar el ensayo de determinación de la dureza.....74

Figura 54: Colocado de las Probetas en la máquina de Brinell.....74

Figura 55: Probeta sometida al ensayo de dureza Brinell .....75

Figura 56:lectura de las huellas producidas con el microscopio de Brinell .....75

Figura 57: Toma de datos del ensayo de dureza Brinell cantera Huacarpay 0.6 .....76

Figura 58: Toma de datos del ensayo de dureza Brinell |cantera Huacarpay 0.7.....77

Figura 59: Toma de datos del ensayo de dureza Brinell cantera Huacarpay 0.8 .....78

Figura 60: Toma de datos del ensayo de dureza Brinell cantera Huarcocondo 0.6.....79

Figura 61: Toma de datos del ensayo de dureza Brinell cantera Huarcocondo 0.7 .....80



Figura 62: Toma de datos del ensayo de dureza Brinell cantera Huarcoondo 0.8.....81

Figura 63: Pesado de yeso necesario para formación del mortero para cada cantera .....83

Figura 64: Mezclado del yeso con el agua según las relaciones .....83

Figura 65: Formación de Galletas con mortero de yeso para determinar tiempo de fraguado .....84

Figura 66: Cortado de las galletas con la espátula y el corte definitivo.....84

Figura 67: Datos obtenidos del ensayo tiempo de fraguado cantera Huacarpay 0.6.....85

Figura 68: Datos obtenidos del ensayo tiempo de fraguado cantera Huacarpay 0.7.....86

Figura 69: Datos Obtenidos del ensayo tiempo de fraguado cantera Huacarpay 0.8.....87

Figura 70: Datos obtenidos del ensayo tiempo de fraguado cantera Huarcoondo 0.6.....88

Figura 71: Datos obtenidos del ensayo tiempo de fraguado cantera Huarcoondo 0.7 .....89

Figura 72: Datos obtenidos del ensayo tiempo de fraguado cantera Huarcoondo 0.8.....90

Figura 73: Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión cantera Huacarpay 0.6 .....95

Figura 74: Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión cantera Huarcoondo 0.6.....96

Figura 75: Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión cantera Huacarpay 0.7. ....98

Figura 76: Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión cantera Huarcoondo 0.7.....99

Figura 77: Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión cantera Huacarpay 0.8. ....101

Figura 78: Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión cantera Huarcoondo 0.8.....102

Figura 79: Cuadro comparativo de las resistencias obtenidas de la cantera de Huacarpay con relación agua/yeso 0.6.....107

Figura 80: Cuadro comparativo de las resistencias obtenidas de la cantera de Huarcoondo con relación agua/yeso 0.6.....108

Figura 81: Cuadro comparativo de las resistencias obtenidas de la cantera de Huacarpay con relación agua/yeso 0.7 .....110

Figura 82: Cuadro comparativo de las resistencias obtenidas de la cantera de Huarcoondo con relación agua/yeso 0.7 .....111



Figura 83: Cuadro comparativo de las resistencias obtenidas de la cantera de Huacarpay con relación agua/yeso 0.8..... 113

Figura 84: Cuadro comparativo de las resistencias obtenidas de la cantera de Huarcoondo con relación agua/yeso 0.8..... 114

Figura 85: Resultados obtenidos de dureza Huacarpay ..... 123

Figura 86: Resultados obtenidos de dureza Huarcoondo ..... 123

Figura 87: Cuadro comparativo de la obtención de dureza ambas canteras Huacarpay y Huarcoondo ..... 123

Figura 88: Cuadro comparativo del ensayo de Tiempo de Fraguado del Mortero de yeso producido en la Cantera de Huacarpay 0.6..... 126

Figura 89: Cuadro comparativo del ensayo de Tiempo de Fraguado del Mortero de yeso producido en la Cantera de Huarcoondo 0.6 ..... 127

Figura 90: Cuadro comparativo del ensayo de Tiempo de Fraguado del Mortero de yeso producido en la Cantera de Huacarpay 0.7..... 128

Figura 91: Cuadro comparativo del ensayo de Tiempo de Fraguado del Mortero de yeso producido en la Cantera de Huarcoondo 0.7 ..... 129

Figura 92: Cuadro comparativo del ensayo de Tiempo de Fraguado del Mortero de yeso producido en la Cantera de Huacarpay 0.8..... 130

Figura 93: Cuadro comparativo del ensayo de Tiempo de Fraguado del Mortero de yeso producido en la Cantera de Huarcoondo 0.8 ..... 131

Figura 94: Cuadro comparativo de Resultados del Ensayo de Resistencia a Flexión de las canteras de Huacarpay y Huarcoondo ..... 134

Figura 95: Cuadro comparativo de resultados del ensayo de resistencia a compresión de las canteras de yeso Huacarpay y Huarcoondo..... 135

Figura 96: Cuadro Comparativo de resultados del ensayo de dureza de las canteras de Huacarpay vs Huarcoondo..... 136

Figura 97: Cuadro Comparativo de resultados del ensayo de dureza de las canteras de Huacarpay vs Huarcoondo..... 137

Figura 98: Reconocimiento de Cantera de Huacarpay ..... 150

Figura 99: Trituradora de la cantera de Huacarpay ..... 150

Figura 100: Horno de Cocción de la piedra aljez Huacarpay ..... 151



Figura 101: Horno de Cocción de la piedra aljez Huarcocondo ..... 151

Figura 102: Materiales y equipos para el tamizado..... 152

Figura 103: Tamizado por la malla N°50..... 152

Figura 104: Material Retenido en el tamiz N°50 ..... 153

Figura 105: Material tamizado por la malla N°50..... 153

Figura 106: Materiales para la fabricación de probetas de yeso. .... 154

Figura 107: Vertido de yeso a agua..... 154

Figura 108: Mezclado del mortero de yeso ..... 154

Figura 109: Fabricación de probetas de yeso ..... 155

Figura 110: Rasado de superficie de las probetas de yeso ..... 155

Figura 111: Desmoldado de probetas de yeso..... 155

Figura 112: Secado de probetas de yeso a temperatura ambiente por 7 días. .... 156

Figura 113: Secado de probetas de yeso en horno a 40°C durante aprox. 24 horas ..... 156

Figura 114: Seleccionado y marcado de probetas de yeso para ensayo de resistencia a flexión.  
..... 157

Figura 115: Inicio del ensayo a resistencia a flexión supervisado por nuestro asesor Ing. Víctor Chacón..... 157

Figura 116: Colocado de probeta de yeso a la máquina de CBR ..... 157

Figura 117: Equipo de CBR en ensayo de resistencia a flexión. .... 158

Figura 118:Ruptura de probeta de yeso en ensayo de flexión..... 158

Figura 119: Colocado de probeta al equipo CBR para ensayo de resistencia compresión. .... 159

Figura 120: Ensayo de resistencia a compresión. .... 159

Figura 121: Foto grupal culminado ensayo de resistencia compresión. .... 160

Figura 122: Probetas ensayadas a resistencia compresión. .... 160

Figura 123: Elección y marcado de probetas de yeso a ensayar ..... 161

Figura 124: Equipo de Brinell y probetas sometidas a una carga puntual. .... 161

Figura 125: Lectura de huella con microscopio Brinell. .... 162

Figura 126: Probetas de yeso ensayadas ..... 162

Figura 127: Foto grupal culminado el ensayo de Dureza Brinell. .... 162

Figura 128: Pesado de yeso..... 163

Figura 129: Amasado de mortero de yeso para determinación de tiempo de fraguado ..... 163



Figura 130: Vertido de mortero de yeso en forma de galletas de aprox. 10cm de diámetro .....163

Figura 131: Cortes con la espátula para determinar el tiempo de fraguado. ....164

Figura 132: Galletas cortadas una vez finalizadas el tiempo de fraguado. ....164

## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema

##### 1.1.1.1. Descripción Problemática

El yeso en sus inicios fue usado como material de unión de mampostería, sellar juntas de muros y para revestir viviendas sustituyendo al mortero de barro y también se utilizó como material de escultura.

El yeso como material de revestimiento en la construcción siempre ha tenido un papel muy importante en la Ciudad del Cusco; sin embargo, desde que se ha empezado a usar el yeso hasta la actualidad no se logra apreciar la variabilidad en las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en una cantera respecto otra.

Es por eso que la presente investigación se estudió la variabilidad en las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcoondo respecto de la cantera de Huacarpay.

Debido a la falta de normativa en el Perú se ha asumido la normatividad Europea Española UNE-EN 13279-2-CEN, para analizar la variabilidad de las propiedades mecánicas y el tiempo de fraguado del mortero de yeso con volúmenes de agua variables.



*Figura 1:* Reconocimiento de las canteras de Huarcoondo y Huacarpay



*Figura 2:* Horno de la cantera de Huacarpay



*Figura 3:* Horno de la cantera de Huarcondo



1.1.1.2. Ubicación Geográfica de Estudio

- Ubicación de la Cantera de Yeso en Huarucondo
- Departamento : Cusco
- Provincia : Anta
- Distrito : Huarucondo

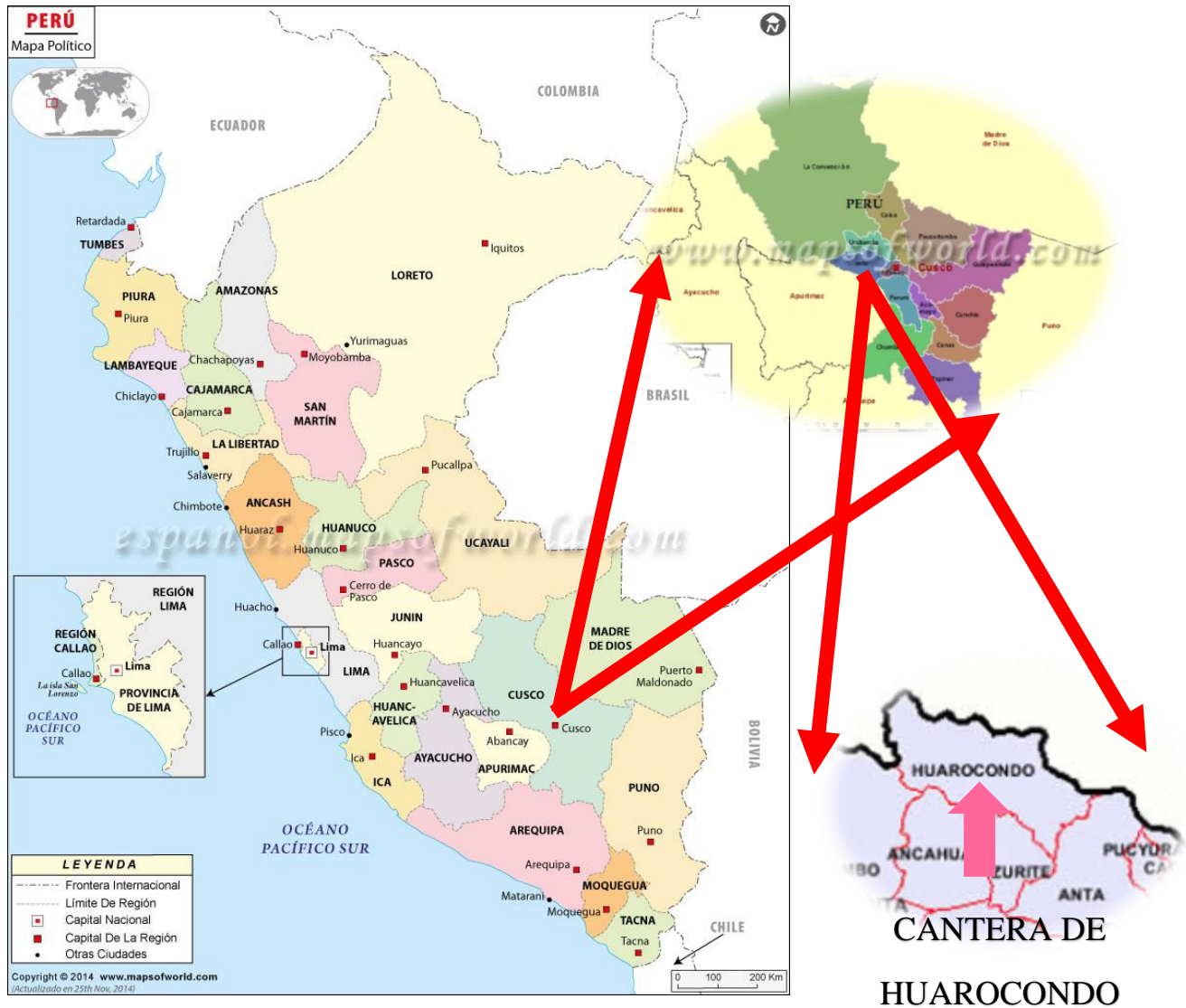


Figura 4: Ubicación de la cantera de Huarucondo

- Coordenadas de la cantera de Huarucondo

Tabla 1

*Coordenadas UTM de la cantera de Huarucondo*

Coordenadas UTM		
Zona 18 L		
Vértice	Norte(Y)	Este(X)
V1	8518945.79 m S	800153.34 m E
V2	8518994.69 m S	800303.37 m E
V3	8519183.95 m S	800222.00 m E
V4	8519157.99 m S	800036.50 m E



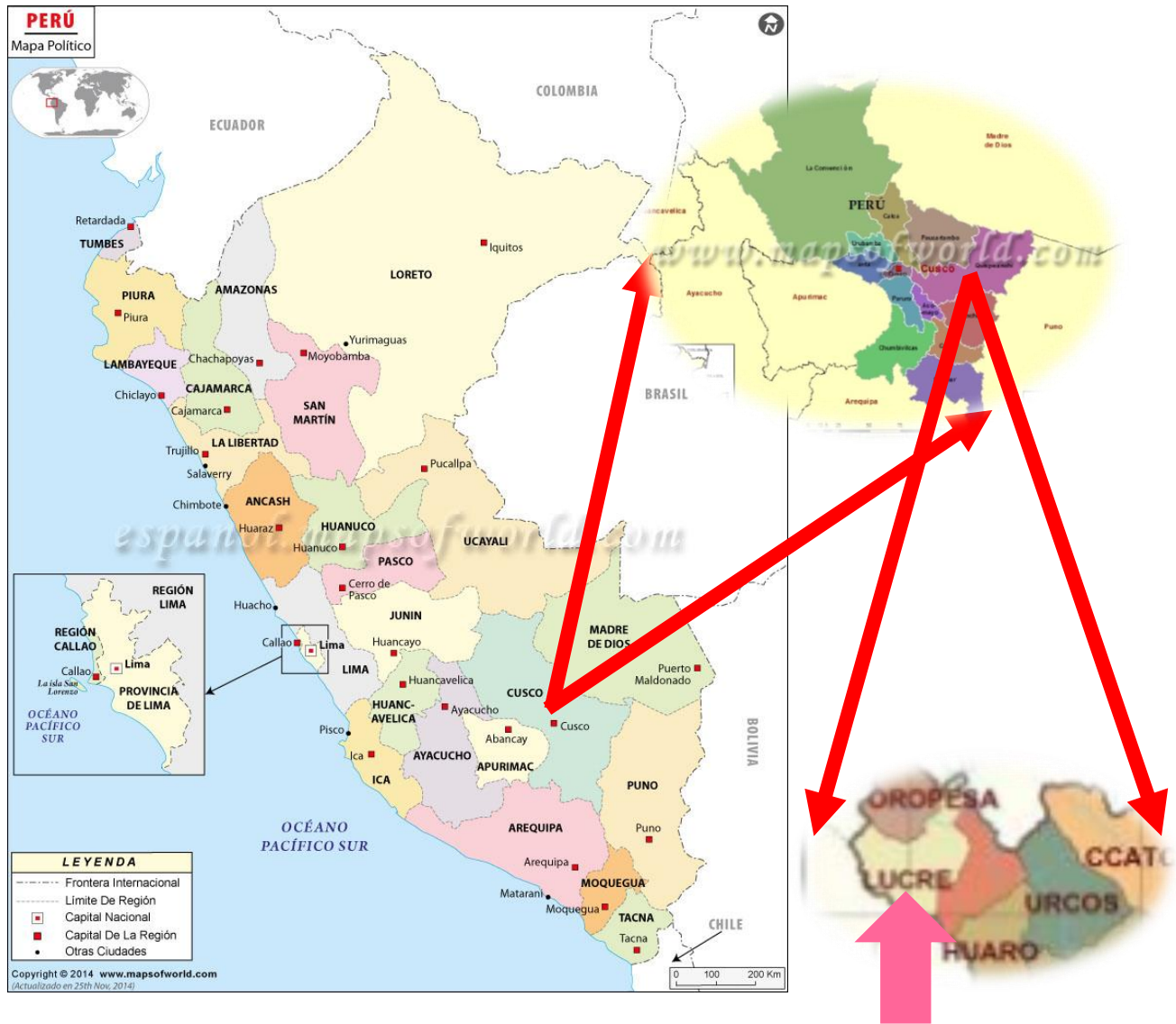
*Figura 5: Delimitación de la cantera de Huarucondo*

- Accesibilidad a la Cantera de Huarucondo

La accesibilidad a la cantera de Huarucondo es muy accidentada ya que en la carretera que lleva a las canteras se presentan zonas de derrumbes de rocas muy grandes. Es por ello que las canteras tienen que llevar el yeso a distribuidoras en la misma población

- Ubicación de la Cantera de Yeso en Huacarpay

- Departamento : Cusco
- Provincia : Quispicanchis
- Distrito : Lucre



CANTERA DE HUACARPAY

Figura 6: Ubicación de la cantera de Huacarpay

- Coordenadas de la Cantera de Huacarpay

Tabla 2

*Coordenadas UTM de la cantera de Huacarpay*

Coordenadas UTM		
Zona 19 L		
Vértice	Norte(Y)	Este(x)
V1	8494938.90 m S	207047.08 m E
V2	8495005.79 m S	207171.13 m E
V3	8495180.92 m S	207044.08 m E
V4	8495102.40 m S	206944.03 m E



*Figura 7: Delimitación de la cantera de Huacarpay*

- Accesibilidad a la Cantera de Huacarpay

La accesibilidad a la cantera de yeso Huacarpay está ubicada en la carretera Cusco – Paucartambo en el km 1.6, el ingreso a las propias canteras es muy accidentada ya que el ingreso de vehículos es complicado y solo vehículos de carga pesada ingresan y salen de dicha cantera, para el ingreso a esta cantera tuvimos que contratar un vehículo de carga pesada que ingresaba a las canteras y para salir también se tiene que esperar un vehículo que saliera de dicha cantera.



## 1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema

### 1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál es el análisis de la variabilidad de las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo respecto al mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay según la Norma UNE-EN 13279-2-CEN para su uso como material de revestimiento en la construcción?

### 1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

1. ¿Cómo varía la resistencia a la compresión del mortero de yeso producido en las canteras de Huarcocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN?
2. ¿Cómo varía la resistencia a flexión del mortero de yeso producido en las canteras de Huarcocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN?
3. ¿Cómo varía la dureza del mortero de yeso producido en las canteras de Huarcocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN?
4. ¿Cómo varía el tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en las canteras de Huarcocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN?

## 1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

### 1.2.1. Justificación Técnica

El presente trabajo de investigación “ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-2-CEN” está inmerso en la ingeniería civil, dentro de la rama de las construcciones dentro del área de materiales, donde se podrá apreciar la diferencia que presentan las propiedades mecánicas en el mortero de yeso producidos en la cantera de Huarcocondo respecto al mortero de yeso producidos en la cantera de Huacarpay teniendo en cuenta que las formaciones geológicas no son las mismas en un lugar respecto de otro.

Esta investigación tiene gran importancia ya que podemos diferenciar la variabilidad de los morteros de dos canteras de yeso evaluando, sus resistencias de compresión, flexión, dureza y el tiempo de fraguado que se logran determinar de las dos canteras de evaluación para ser utilizados como material de revestimiento en la construcción en la ciudad de Cusco.



Debido a la falta de normativa en el Perú se ha asumido la normatividad Europea Española UNE-EN 13279-2-CEN, para determinar las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado con volúmenes de agua variables.

### **1.2.2. Justificación Social**

La presente tesis “ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-2-CEN” desde el punto de vista social tiene una gran importancia ya que busca incentivar y difundir para futuras investigaciones a los alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco al estudio de los materiales de construcción en la Región del Cusco.

### **1.2.3. Justificación por Viabilidad**

El presente trabajo de investigación “ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-2-CEN” es viable debido a que se tiene material obtenido de ambas canteras para ensayar, también se cuenta con los equipos e instrumentos necesario para realizar los ensayos (equipo de compresión CBR, máquina de dureza Brinell) los cuales serán proporcionados por el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco los cuales nos ayudaron en el desarrollo de la presente investigación.

### **1.2.4. Justificación por Relevancia**

La presente tesis investigación “ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-2-CEN” tiene gran importancia ya que nos permitirá diferenciar dos canteras de yeso evaluando la variabilidad del mortero de yeso obtenido de cada cantera analizando sus resistencias de compresión, flexión, dureza y el tiempo de fraguado que se lograran determinar de las dos canteras de evaluación.



### 1.3. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se limita:

- Cantera de yeso de Huarcocondo.
- Cantera de yeso de Huacarpay.
- Relaciones de agua Yeso 0.6; 0.7 y 0.8.
- Las probetas son de dimensiones de 4cm x 4cm x 16 cm
- Los ensayos están realizados según la norma UNE-EN 13279- 2: Yesos de Construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayos.
- Se usó la norma UNE-EN 13279- 2-CEN, únicamente para el procedimiento de los ensayos de resistencia a flexión, compresión, dureza y tiempo de fraguado.
- Los ensayos se realizaron con agua potable de la Ciudad del Cusco a temperatura ambiente.
- En la investigación no se consideró el factor climático de las canteras en estudio.
- El tiempo de secado de las muestras prismáticas en Horno Eléctrico a 40°C fue de aproximadamente de 24 horas.

#### 1.3.1. Limitaciones Instrumentales

- Tamiz con malla N° 50 (0.05mm), del laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco.
- Equipo de CBR, para ensayos de Flexión, del laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco.
- Equipo de CBR, para ensayos de Compresión, del laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco.
- Equipo de Dureza Brinell, del laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco.
- Horno a 40°C del laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco.

#### 1.3.2. Limitaciones de Pruebas

En el presente trabajo de investigación se limitó a la realización de los siguientes ensayos de laboratorio:

- Resistencia a Flexión
- Resistencia a Compresión



- Dureza
- Tiempo de fraguado

#### **1.4. Objetivos de la Investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Analizar la variabilidad de las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Hurocondo respecto al producido en la cantera de Huacarpay según la Norma UNE-EN 13279-2-CEN para su uso como material de revestimiento en la construcción.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Analizar la variación de la resistencia a la compresión del mortero de yeso producido en las canteras de Hurocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN.
2. Analizar la variación de la resistencia a flexión del mortero de yeso producido en las canteras de Hurocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN.
3. Analizar la variación de la dureza del mortero de yeso producido en las canteras de Hurocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN.
4. Analizar el tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en las canteras de Hurocondo y Huacarpay según la norma UNE-EN 13279-2-CEN.





## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

TÍTULO: Influencia de la variación de temperatura de cocción en las propiedades físicas y mecánicas del yeso proveniente de la cantera Orlando 2007 de acuerdo a la norma UNE-EN 13279-2

AUTOR: Lucia Boza Quispe; Peter Valerio Loayza Velasque

AÑO: 2017

INSTITUCIÓN: Universidad Andina del Cusco

LUGAR: Cusco – Perú

Este trabajo de investigación tuvo como propósito determinar la influencia de la variación de la temperatura de cocción del yeso (130°C, 200°C, 500°C, 900°C y 1100°C) en sus propiedades físicas y mecánicas tomando como referencia la norma UNE. EN 13279-2 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo. Haciendo uso de la materia prima obtenida de la Cantera Orlando 2007. Para realizar la investigación primero fabricaron el yeso a diferentes temperaturas de calcinación, luego se determinaron la relación agua/yeso conveniente que facilitó la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas en los diferentes tipos de yeso. Realizaron 36 unidades prismáticas utilizadas en el ensayo de resistencia a flexión, y los 2 trozos de cada unidad se reutilizaron en el ensayo de resistencia a compresión. De igual forma se fabricaron 36 unidades para el ensayo de Succión y finalmente se utilizó 7 kg de yeso pasante por la malla N° 50 para el ensayo de tiempo de fraguado. Al término de la investigación se llegó a la conclusión de que las propiedades físicas y mecánicas del yeso se ven afectadas significativamente por la variación de temperatura de cocción.



TITULO: 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.

AUTOR: Dina Mamani Delgado

AÑO: 2016

INSTITUCIÓN: Universidad Andina del Cusco

LUGAR: Cusco – Perú

En los últimos años el yeso como material de construcción ha tomado bastante protagonismo dentro del sistema drywall como, por ejemplo, la tabiquería para interiores, cielos rasos y revestidos; debido a sus excelentes propiedades mecánicas y bajo costo. Al ser el yeso un material de bajo peso le restará carga muerta a la edificación, ya que el yeso es un material bastante ligero. Debido a ello, es que el yeso es un material bastante estudiado en sus distintas formas, sobre todo en los países de Europa ya que su producción en dicho país es mayor a nivel mundial. En base a lo expuesto, es que el presente trabajo de investigación busca incrementar las propiedades mecánicas del yeso, tales como: Resistencia a Compresión, Resistencia a Flexión y Dureza. Para lo cual se elaboraron probetas únicamente de yeso y otras con yeso adicionado con material reciclado, tales como: celulosa, corcho, caucho, y polímero. Las que fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión, flexión y dureza bajo las normas internacionales europeas: UNE-EN 13279-2 - Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. MÉTODOS DE ENSAYO. Finalmente, se hizo una evaluación comparativa de los resultados de los ensayos entre las probetas preparadas únicamente con mezcla de yeso (parámetro de comparación) y las probetas de yeso adicionado con material reciclado; los resultados obtenidos fueron afirmativos para las hipótesis planteadas, cabe resaltar que la celulosa sin duda mejoró ampliamente las propiedades de resistencia del yeso.



## 2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

### 2.2.1. Evolución Histórica de la Utilización del Yeso

Según (de Villanueva, 2004) existen 3 etapas en la historia del yeso, los cuales son:

#### 2.2.1.1. *Yeso Artesanal*

Tradicionalmente se fabrican tres tipos de yesos artesanales. Las piedras, más renegridas y, por tanto, sobrecosidas, se separan y trituran aparte dando lugar al yeso hidráulico o de pavimentos.

Las piedras de mejor aspecto, se separan y muelen fino, dando lugar al denominado yeso blanco, utilizado para enlucidos o blanqueos. El resto de las piedras junto con las escorias y subproductos de la combustión se recogen y trituran juntos, dando lugar al yeso negro o moreno, utilizado para guarnecidos y como conglomerante de albañilería.

Durante el largo período de tiempo que dura el sistema de producción artesanal, los hornos se fueron mejorando para facilitar las operaciones de carga, cocción, descarga y molienda. También se introdujeron silos de almacenamiento final del producto para homogeneizarlo y dar lugar a la transformación final de algunas fases.

#### 2.2.1.2. *Yeso Industrial*

Según (de Villanueva, 2004)

A partir del siglo XVIII comienza el conocimiento científico del yeso. Así, en 1768, Lavoisier presenta en la Academia de Ciencias el primer estudio científico de los fenómenos en los que se basa la preparación del yeso. Poco después Van t'Hoff y Le Chatelier dieron una explicación científica a la deshidratación, iniciando una serie ininterrumpida de investigaciones sobre este material.

En esa época comienza el proceso de industrialización, que afectará a los materiales en primer lugar, y después a la propia construcción. Se controla el proceso de fabricación, se consiguen mayores temperaturas, se aumentan las series y se uniforman los productos.

En lo referente a los materiales conglomerantes tradicionales, se produce una evolución diferente. Se industrializa la fabricación del yeso, en un proceso que termina con la introducción de innumerables tipos de hornos, con el objetivo de conseguir un sistema racional de calcinación. La



cal se adapta peor y sucumbe ante el cemento, que en realidad trata de obtener artificialmente una cal hidráulica.

El proceso de industrializar la fabricación del yeso es lento y no se produce por igual en todos los países. Se da, por tanto, una convivencia prolongada con los yesos artesanos, descritos en la etapa anterior.

Se mecanizan los sistemas de extracción y se organiza el almacenaje previo para aumentar la homogenización de la materia prima. Se mecaniza la trituración previa, para conseguir tamaños menores que facilitan la calcinación. Se establecen silos de reposo del material calcinado para completar el proceso y hacer más homogéneo el producto. Se industrializa el refinado del yeso fino y se automatiza poco a poco el sistema de ensacado y expedición.

También se produce la adición de los yesos en fábrica, mejorando notablemente la regularidad del proceso, con resultados muy positivos frente a las adiciones realizadas en obra. Los principales aditivos empleados son los retardadores del fraguado, pero se abre un importante proceso de investigación que incidirá decisivamente en los yesos de la tercera generación, que se estudian más adelante.

En cuanto a la calcinación propiamente dicha los sistemas son muy variados (S.N.I.P., 1982). La imaginación de los ingenieros se dispara para alcanzar la mejor deshidratación al mejor precio. En unos casos se mueve la materia prima por el interior del horno y, en otros, lo hace la fuente de calor. Hay sistemas con carga continua y otros con carga discontinua. De fuego directo y de fuego indirecto. Los más habituales son las marmitas de fuego indirecto para obtener escayola y los hornos rotativos de fuego directo para producir yeso. En estos últimos el sistema produce semihidrato beta y anhídrita II de modo diferenciado, en función de la temperatura alcanzada. Puede ser en un mismo horno con dos salidas o en hornos independientes. También puede producirse de modo independiente el semihidrato beta y la anhídrita II y luego mezclarse en diversas proporciones. Por último, para la obtención de semihidrato alfa se recurre a las autoclaves, en los que la producción es muy cuidada, en pequeña cantidad y más cara.

Con la industrialización aparece la posibilidad de tipificar los productos, de modo que sus características se mantengan constantes dentro de unos límites. Y con esta posibilidad aparecen las



normas de calidad. Además, se pueden obtener más tipos de productos, modificando parcialmente las condiciones de su fabricación.

### 2.2.1.3. Yesos de Tercera Generación

Según (de Villanueva, 2004)

Después de la II Guerra Mundial, se comienza a estudiar más científicamente las modificaciones producidas en las características del yeso, mediante el empleo de aditivos y adiciones.

Cada vez fue más frecuente la adición en fábrica de retardadores de fraguado, para la producción de yeso lento, muy apreciado en la ejecución de revestimientos. Pero, como se ha dicho, lo más importante es que se inició una investigación sistemática de diferentes tipos de aditivos.

El producto en polvo estaba completamente industrializado, pero su colocación era artesanal. Por eso, las principales industrias europeas del yeso condujeron sus esfuerzos para industrializar el proceso de colocación. Por otra parte, la incidencia del material en el precio final del guarnecido, era cada vez menor, frente a una mano de obra cada vez más cara. Era preciso buscar un producto, que, sin perder sus características esenciales de cubrir los paramentos adhiriéndose bien a las diferentes bases, tuviera el mejor rendimiento posible en su colocación.

A tenor del ejemplo de los morteros gunitados se investigó un tipo de yeso capaz de ser proyectado mecánicamente contra los paramentos. Tiene que ser lo suficientemente lento en su fraguado para que no endurezca en la manguera y, lo suficientemente espeso y adherente para que no escurra por la pared o se desprenda de los techos. Con aditivos modificadores del fraguado, espesantes y retenedores de agua se consigue formular este tipo de yeso, que ya se puede considerar de tercera generación.

Pero también se actuó sobre los yesos de amasado manual mejorando sus características para facilitar la colocación. Así, cada vez fue más amplio en tiempo abierto o período en el que, el yeso, después de amasado con el agua, se puede trabajar. Se obtienen así los denominados yesos manuales de fraguado controlado.

El proceso se completa al producirse yesos aligerados de proyección mecánica, tan aditivados como éstos y, además, aligerados con perlita.



El proceso de adición además produce un aumento de la resistencia superficial, por lo que el panorama se completa con los yesos de alta dureza.

La principal dificultad se presenta a la hora de normalizar estos productos, ya que los ensayos de laboratorio reproducen mal las condiciones de puesta en obra, sobre todo en los yesos de proyección mecánica.

### **2.2.2. El yeso**

Según (Novo de Miguel, 1968) referenciado en (Boza Quispe & Loayza Velasque , 2017)

El yeso es un mineral que está constituido por sulfato de calcio, que se encuentra en muchos lugares de la superficie terrestre, formando unas veces masas compactas o rocas blandas, otras veces masas terrosas y en algunos casos disueltos en determinadas aguas, llamadas selenitosas.

Se dice que el yeso se originó hace 200 millones de años como resultado de depósitos marinos, cuando parte de lo que ahora son nuestros continentes eran inmensas extensiones oceánicas. Durante este período algunos mares se secaron dejando lechos de yeso que se recubrieron posteriormente por el hombre.

### **2.2.3. Relación agua yeso**

Según (Sanchez,2003) referenciado en (Boza Quispe & Loayza Velasque , 2017)

Este fenómeno es el que más se ha estudiado, además la más fácil variación, el de mayor influencia, especialmente en lo que se refiere a la porosidad del producto final, puesto que el agua que el yeso incorpora a su red cristalina, está limitada por la cantidad de yeso utilizado en el amasado: el exceso de agua lo que hace es incrementar su porosidad.

En general cuanto mayor sea la superficie específica del yeso, mayor será la cantidad de agua que se necesita para bañar y mojar todos sus granos.

La relación agua - yeso (A/Y) se sitúa entre 0.6 y 1.0, que son los límites prácticos trabajabilidad la mezcla. Para el amasado es necesaria más agua que para la rehidratación, ya que el del fraguado comienza por la disolución en agua de las fases anhidras y semihidratadas. El agua para el amasado, está condicionada por el tipo de producto y su granulometría. Hay dos sistemas que lo determinan:

- Por el amasado o saturación, consiste en espolvorear producto sobre el agua sin tocar el recipiente, hasta que el yeso sacia el volumen del agua y se queda enrasado en la superficie.

- Por el agua correspondiente a una consistencia normal.

**2.2.4. Deshidrataciones e Hidratación**

Según (Albrecht, 1965)

Para definir los yesos calcinados, especialmente los que se usan en el área de la construcción, y conocer sus principales propiedades, se mostraron primeramente los fundamentos de la deshidratación (la cual trata de la eliminación del agua) y de la hidratación (que es el producto obtenido mezclado con el agua).

MATERIAL DE PARTIDA		MINERAL DE YESO (ALGEZ) (YESO CRUDO, DIHIDRATO)		
DESHIDRATACION		CALDERAS HORNOS ROTATORIOS Y OTROS	CALCINACION EN HORNOS DE CAMARAS Y OTROS	HORNOS VERTICALES
PRODUCTOS TECNICOS		YESO DE MOLDEO	YESO DE ENLUCIDOS	YESO DE REVOQUE YESO-MARMOL
ESCALA DE HIDRATOS		100%      100%      100%		
<100°	DIHIDRATO			
>120°	α-, β- HEMIHDRATO	■	■	
>200°	α-, β-ANHIDRITA III	■	■	
400/800°	ANHIDRITA II		■	■
<1200°	ANHIDRITA I			■
HIDRATACION DEL DIHIDRATO (SIN ESCALONES INTERMEDIOS)		SIN ACELERADORES		
POST-HIDRATACION		RAPIDO	LENTO	MUY LENTO
		RETARDADO P.G. CON ALBUMINA ACELERADO P.G. CON DIHIDRATO		
		CON EXPANSION (1 A 3mm/m)		
		NO	SENSIBLEMENTE PERO SIN SER PERJUDICIAL	

Figura 8: Deshidratación e hidratación del agua

**2.2.4.1. Deshidratación e Hidratación del agua**

La deshidratación de la materia prima: sulfato de calcio hidratado (llamado piedra de yeso o algez) la cual son realizadas en calderas, hornos rotatorios, hornos de pisos superpuestos e instalaciones de molturación da un producto que denominaremos yeso de moldeo, compuesto principalmente de hemihidrato.

Este tipo de yeso fue utilizado antiguamente mayormente para revoques de estuco; actualmente, su utilización es más corriente como para la fabricación de piezas (por ejemplo, placas de yeso) y además como para la adición a los morteros de cal (para enlucidos interiores).



En los hornos de cámaras, en los superpuestos o de pisos y en los de parrilla móvil se elaboran los yesos para enlucidos que, con adición de la arena o sin ella, se utilizan en los enlucidos interiores de edificios.

En los hornos verticales se fabrican los yesos para enfoscados y revoques, también con un tratamiento previo a la materia prima se realiza el llamado yeso de mármol.

En los distintos tipos de hornos se obtienen los diversos hidratos que corresponden a las temperaturas indicadas en la figura N° 4. En las calderas, hornos rotatorios e instalaciones similares se produce principalmente el hemihidrato  $\beta$ , que es poroso, junto con una pequeña cantidad de anhídrita III, soluble. En las autoclaves se produce el hemihidrato  $\alpha$ , que es compacto. En los hornos de cámaras y análogos resultan como productos el hemihidrato  $\beta$  y la anhídrita III, junto con cantidades considerables de anhídrita II. En el núcleo de los hornos de cámaras, los trozos gruesos de mineral introducidos en el horno quedan sin calcinar y contienen el dihidrato corriente o yeso crudo. Una parte de los yesos de enlucidos, después de la calcinación en el horno, suelen someterse a una segunda calcinación en caldera: se dice entonces que el yeso es de doble calcinación. Estos yesos no contienen ya sulfato cálcico hidratado y, por lo tanto, su composición es más regular que la de los yesos de calcinación única procedentes de los hornos de cámaras. En los hornos verticales, la deshidratación es completa: se forman así anhídratas II y I.

Los contenidos en hidratos de los distintos yesos, señalados en la figura N°4, deben considerarse solamente como valores de orientación. Las proporciones exactas varían según el tipo de horno y régimen de fabricación.

Los productos fabricados (yeso de moldeo, de enlucidos, etc.) mezclados y amasados con agua se combinan con ella (hidratación), formándose de nuevo el hidrato doble, en todos los casos, sin que resulten productos intermedios. En oposición a lo que ocurre con las anhídratas naturales o con las de residuos industriales (anhídratas sintéticas), los yesos calcinados corrientes no necesitan activadores para su hidratación. Sin embargo, en los yesos de enlucidos de calcinación simple, el pequeño contenido del hidrato doble (yeso natural) actúa como activador, no de la hidratación, sino de la cristalización; en el yeso de enfoscados desempeña idéntico papel la pequeña cantidad de cal libre que se forma.





La hidratación del yeso de moldeo (hemihidrato) es rápida (generalmente media hora). En el yeso de enlucidos, al principio es rápida, pero luego se hace más lenta que en el yeso de moldeo; en el yeso de revoque o enfoscado y en el marmóreo es aún más lenta. Con la hidratación se produce una expansión sensible de la pasta que fragua (1 a 3 mm/m); esta expansión favorece el perfecto relleno de la pasta en los moldes. La ya citada rápida expansión es una propiedad muy ventajosa, característica de los yesos. El proceso de hidratación es regulable dentro de ciertos límites. En los yesos de moldear conviene a veces un retraso en este proceso. Como sustancias retardadoras actúan algunas materias orgánicas, por ejemplo, los residuos derivados de la albúmina. La aceleración del proceso de hidratación se consigue, entre otros medios, añadiendo un poco de yeso dihidratado (yeso natural, sin calcinar).

Con la hidratación rápida del yeso de moldeo se elimina por completo el proceso de hidratación ulterior (posthidratación), es decir, la hidratación lenta que tiene lugar por la conservación o exposición en ambiente húmedo. El grado de intensidad de la posthidratación de las otras clases de yeso depende del contenido de anhídritas II y I.

La posthidratación de los yesos de enlucidos es preciso tenerla muy en cuenta, porque en presencia del agua libre (por ejemplo, exceso de agua en los elementos fabricados) se produce un aumento sensible de resistencia final. Este aumento de resistencia de los yesos de enlucidos, conservados durante siete días en ambiente húmedo, puede llegar hasta el 30%. Esa conservación durante varios días es la que, de un modo natural, se establece al extender los enlucidos, gracias a la humedad natural del ambiente exterior. En las normas oficiales alemanas antiguas se exigía como prueba la conservación de probetas durante siete días en ambiente húmedo. En las anhídritas no preparadas por calcinación (anhídritas naturales y sintéticas), la posthidratación, en ciertas condiciones, puede dar lugar a una expansión excesiva (hasta la disgregación) de los objetos de yeso una vez endurecidos. En cambio, en los yesos fabricados por calcinación la posthidratación de las anhídritas II y I no produce expansión nociva. Como se ha dicho ya, incluso pueden observarse aumentos de resistencia.



### 2.2.5. Aplicación de Yesos en la Construcción

Según (Villarino Otero , 2011), las aplicaciones que tiene el mortero de yeso son los siguientes:

#### 2.2.5.1. *Guarnecidos y Tendidos*

Tal vez la mayor aplicación del yeso en la construcción es el revestimiento de paramentos más o menos irregulares que no han de quedar vistos. Para ello se aplica sobre el paramento una primera capa de yeso YG de a 15 mm. de espesor, y sobre ésta, una capa de yeso YF de 1 a 3 mm. La primera capa recibe el nombre de guarnecido y la segunda, el de tendido.

El guarnecido puede ser a buena vista o maestreado. En el primer caso se extiende con llana y que la superficie quede perfectamente plana depende de la habilidad y entrenamiento del albañil. También puede extenderse por proyección y alisarse con reglas de madera. En el caso de un guarnecido maestreado, hay que hacer primero las maestras: éstas son fajas del espesor fijado y con sus superficies en un mismo plano que sirven de guía para el guarnecido. Se extiende a mano y se alisa con regla apoyándose en las maestras. Para el tendido suele emplearse una pasta más fluida que para el guarnecido y tanto más fluida cuanto menor tenga que ser su espesor. Se extiende con llana. El conjunto del guarnecido y el tendido constituyen el enlucido que no suele quedar visto sino recubierto por pintura, papel, corcho, etc.

#### 2.2.5.2. *Molduras*

Para este trabajo se utiliza generalmente escayola. La operación denominada corrido de molduras consiste en hacer deslizar una terraja con el perfil deseado sobre unas guías. Al moverse la terraja sobre una masa de escayola recién colocada forma la moldura.

#### 2.2.5.3. *Estuco*

Se conoce con este nombre un recubrimiento para muros, brillante y lavable, que se extiende con la llana. Está compuesto por escayola o yeso YF molido muy fino, amasado con agua que contiene gelatina, puede contener también pigmentos colorantes. Cuando se ha conseguido una superficie plana, se le da brillo mediante un bruñido con planchas de acero calientes o frotando las superficies con un paño impregnado en aceite de linaza y, posteriormente, con otro impregnado en aguarrás y cera.



#### 2.2.5.4. *Morteros de Yeso*

Para la fabricación de morteros ha de tenerse presente que cada partícula de arena debe quedar perfectamente envuelta por la pasta de yeso. No suelen usarse más que dos morteros: el 1:2 y el 1:3 (relación yeso: arena), ambos en peso. Puede afirmarse que partiendo de una relación 1:1, la resistencia a la compresión se reduce a la mitad cada vez que se duplica el contenido de arena.

#### 2.2.5.5. *Elementos Prefabricados*

Las molduras y otros elementos decorativos, pueden elaborarse como elementos resistentes bloques de yeso, bovedillas para forjados y placas para tabiques. Está muy extendido el uso de placas de hasta 40x40 cm. y aún más, para la construcción de falsos techos. Con frecuencia estas placas están perforadas para conseguir un buen acondicionamiento acústico de los locales donde están colocadas. Se emplean también paneles constituidos por un emparedado de cartón-yeso-cartón, que responden a la denominación genérica de plasterboard.

### 2.2.6. **Procesos de Fabricación del Yeso para la Construcción**

#### 2.2.6.1. *Procesos de Fabricación de Yeso*

Según (Constructor Civil , 2010) las etapas de proceso de fabricación del yeso de construcción son las siguientes:

##### 2.2.6.1.1. *Extracción de la Roca*

Como se ha mencionado la extracción de la roca de yeso 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.

##### 2.2.6.1.2. *Trituración*

La piedra extraída del banco de yeso se tritura por medio de trituradoras de quijada para reducirla a fragmentos de tamaño adecuado para someter el material a una molienda posterior.

#### 2.2.6.1.3. Molienda

La finalidad de la molienda es la de reducir el yeso triturado a partículas muy finas con el objeto de facilitar la deshidratación del material, para esto se emplean molinos de rodillos.



*Figura 9:* Molienda de la roca de yeso ya cocida en la cantera de Huacarpay

#### 2.2.6.1.4. Cocción

Según (Constructor Civil , 2010)

La cocción se realiza en hornos verticales donde los materiales molidos se deshidratan fácilmente. Las moléculas de agua se desprenden a temperaturas cercanas a los 175°C. El agua en forma de vapor sale por la parte superior del horno y el producto cocido se extrae por la parte inferior. A medida que la temperatura de cocción es mayor, se logran obtener yesos con diferentes propiedades. La finura del yeso también influye en la calidad del yeso, de manera que entre más fino es el yeso mejor es su calidad en el moldeo de piezas o en los trabajos de decoración.



*Figura 10:* Materia cocida para la trituración en la cantera de Huarcoondo



*Figura 11:* Material cocido para la trituración en la cantera de Huacarpay

- Tipos de Hornos

Existen diferentes tipos de Hornos que son utilizados para la cocción de Yeso y se pueden clasificar de la siguiente manera según (UNIOVI, 2005) referenciado en (Boza Quispe & Loayza Velasque, 2017)

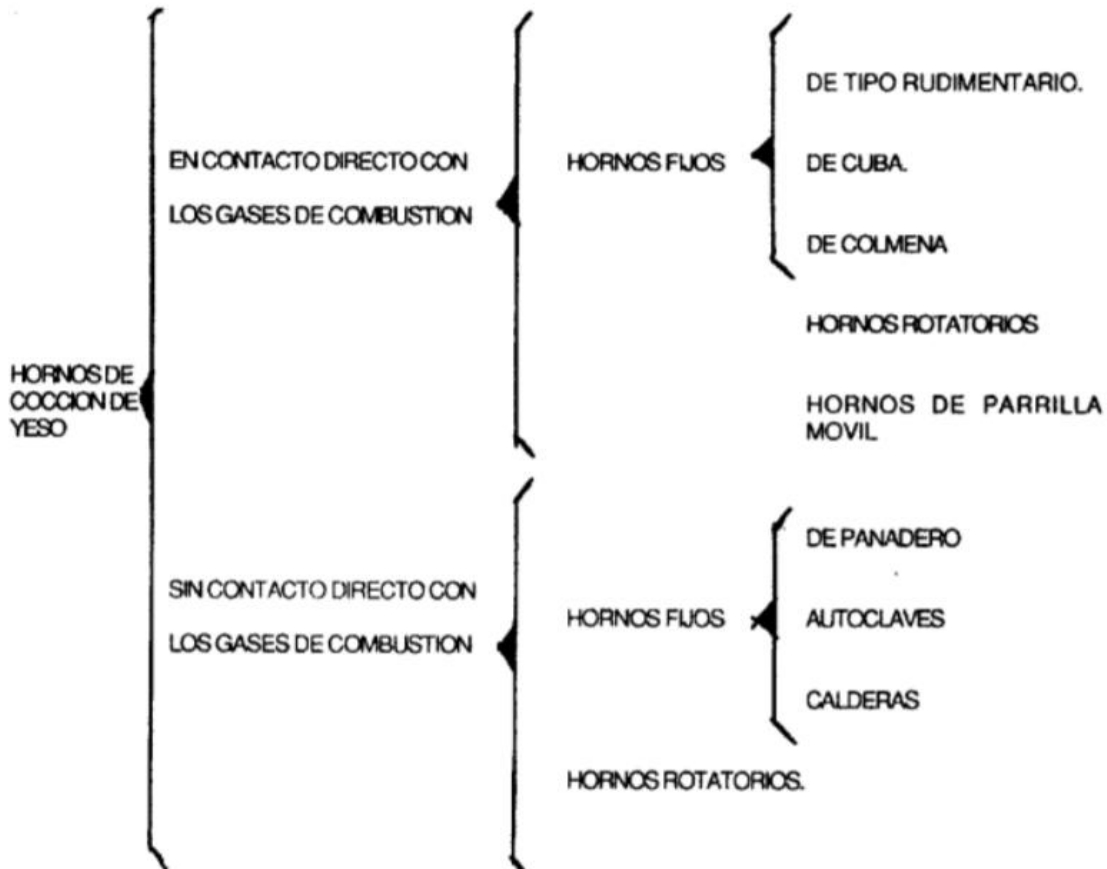


Figura 12: Clasificación de Hornos para la cocción de la piedra de yeso(Aljez)

Los primeros se caracterizan porque en ellos la cocción tiene lugar en atmósfera seca o, por lo menos, no saturada de vapor de agua.

La característica general de los segundos reside en que en ellos el yeso no está en contacto con los gases de combustión y la atmósfera de cocción está constituida por vapor de agua a una mayor o menor presión, resultando un producto con un elevado porcentaje de hemihidrato. Su empleo no es reciente, pues ya hace largo tiempo que se aplican a la fabricación de yesos de molde que, precisamente, son muy ricos en hemihidrato.



Aunque existen numerosos procesos industriales para la obtención de yeso, sólo se mencionarán los más utilizados actualmente, por vía seca:

- a) Marmita horizontal tipo “BEAU” francés (en continuo o discontinuo) de fuego indirecto (ya sea utilizando gas o fuel como combustibles)
- b) Marmita cónica vertical tipo inglesa en continuo, de fuego indirecto. Mediante una cámara de combustión (de gas/carbón/fuel) sumergida, cuyo rendimiento energético es alto (superior al 80 %).
- c) Horno rotatorio horizontal de fuego directo o indirecto (con inclinación del 1.5 %):
  - Tipo discontinuo
  - Tipo continuo de tubos múltiples (a contracorriente)
- d) Horno vertical, de molienda y calcinación en continuo tipo Claudius - Peters, de fuego directo (a gas natural) La diferencia básica con el resto de hornos es la rapidez del proceso de obtención del hemihidrato  $\beta$ , en tan sólo unos minutos se obtiene un producto de buena calidad.
- e) Horno vertical para calcinación Flash de fuego directo, tipo Claudius - Peters. Se trata de una cocción instantánea que se realiza a 700°C sobre mineral de yeso muy fino (inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).
- f) Horno parrilla móvil tipo KNAUF , de fuego directo para la fabricación de anhídrita y yesos multifásiros (yeso sobrecocido 300 - 900°C).

#### 2.2.6.1.5. Almacenaje y Envasado

Según (Constructor Civil , 2010)

El proceso de deshidratación al que se somete a la roca de yeso pulverizada hace que el material cocido tienda a absorber moléculas de agua del medio ambiente, por lo que es necesario almacenarlo en silos perfectamente impermeables. Generalmente anexo al silo se tiene el sistema de envasado, donde por gravedad se llenan los sacos de papel de 25 Kg de peso, el yeso se acostumbra a comercializar en este tipo de presentación.

#### 2.2.6.2. Fabricación del Yeso

Según (Domene,2006, pag.28) referenciado en (Mamani Delgado , 2016)

El yeso también llamado aljez se extrae de canteras subterráneas o a cielo abierto. Esta materia prima extraída de las canteras, es almacenado, pasa por un proceso de pre-molienda, seguidamente



se procede a calcinar la piedra de yeso, vuelve a pasar por un proceso de trituración y molienda, se le añade aditivos dependiendo del tipo de yeso que desean obtener, pasa a una planta de mezclado y es almacenado en silos. Finalmente, el yeso final es embolsado, paletizado (a distintas alturas) y está listo para ser distribuido.

#### *2.2.6.3. Proceso de Fabricación del Yeso*

Según (Villarino Otero , 2011) los procesos de fabricación del yeso son los siguientes:

##### *2.2.6.3.1. Obtención de Materia Prima*

El sulfato cálcico dihidrato abunda mucho en la naturaleza, en España. Es una roca blanca cuando no está contaminada por impurezas y, en general, presenta colores claros.

##### *2.2.6.3.2. Explotación de Canteras*

Como el yeso es un material muy barato, también lo han de ser todas las operaciones que comprende su fabricación. Así pues, es casi obligado que la piedra de yeso aflore a la superficie para que se pueda explotar a cielo abierto. El tipo de explotación depende de las características particulares de cada una: Arranque manual, a máquina, con explosivos, etc., en función del volumen de fabricación. Según el sistema de deshidratación que se vaya a seguir, puede variar el grado de trituración de la roca cruda. Según las dimensiones que se hayan de obtener se utilizan:

- Machacadoras: hasta dimensiones de 2 a 3 cm
- Molinos de martillo: material más fino
- Trituradoras de martillo: factores de reducción muy elevados de hasta 20

##### *2.2.6.3.3. Deshidratación, Calcinación o Cocción.*

El objeto de la cocción es la obtención del hemihidrato del sulfato cálcico o bien de las formas anhidras del mismo. Los productos obtenidos fraguan por adición de agua, regenerando el dihidrato, debiendo el yeso a este fenómeno su carácter de conglomerante. Los hornos utilizados para la cocción del yeso se dividen en dos grandes grupos según que el yeso esté en contacto directo con los gases de combustión pudiendo ser: hornos fijos (de tipo rudimentario de cuba, de colmena), hornos rotatorios y de parrilla móvil. Sin contacto directo con los gases de combustión: hornos fijos (de panadero, autoclaves, calderas) y hornos rotatorios.





#### 2.2.6.3.4. Molienda, Almacenamiento y Ensacado

Según (Villarino Otero , 2011)

La molienda después de la cocción, suele hacerse con molino de martillos o de bolas, si interesa obtener mucha finura en el producto terminado. Aunque el sistema de deshidratación requiera la molienda previa del material, generalmente hay que hacer, después de la calcinación, una molienda de refinado. El yeso molido suele almacenarse en silos cerrados y aislados de la humedad, con objeto de evitar la hidratación.

A veces es conveniente e incluso necesario realizar una homogeneización de distintas partidas de yeso, fabricadas en distintas fechas o en distintos hornos, lo cual se lleva a cabo mediante sistemas mecánicos o neumáticos. El ensilado del yeso da lugar a su estabilización con la consiguiente mejora de la calidad. En la mayor parte de las fábricas modernas se utilizan máquinas ensacadoras automáticas, las cuales llenan sacos de papel de cierre también automático. Se ha comprobado que el yeso se conserva bastante mejor en sacos de papel que en sacos de yute, en los que la permeabilidad al aire húmedo es mayor.

#### 2.2.7. Tiempo de Fraguado

Según la Norma (EN13279-2, 2006)

El tiempo de Fraguado es el tiempo en minutos, en que los bordes de una hendidura producida por la hoja de un cuchillo sobre la pasta de yeso dejan de acercarse.

Según (Villarino Otero , 2011)

Principio de fraguado. Se preparan 3 galletas de 5m y se cortan a intervalos regulares de 30 segundos. El principio de fraguado es el tiempo transcurrido desde el momento en que comienza a añadirse el yeso hasta que los bordes de la hendidura producida por la hija dejan de unirse.

Final de fraguado. Es el tiempo transcurrido desde el momento en que comienza a añadirse el yeso al agua hasta que la presión de la yema del dedo índice no deja huella apreciable.

Según (Albrecht, 1965) El tiempo fraguado de los yesos de moldeo y de enlucidos está completo dentro de los de 20 a 30 minutos, contados a partir del amasado. El fraguado es un cambio de consistencia debido a la formación de un entramado o esqueleto de cristales, bastante denso, en el interior de la masa. El fraguado se puede medir unos pocos minutos después de efectuado el amasado mediante el ensayo de dureza, utilizando pequeñas sobrecargas.

El principio del tiempo fraguado es el instante en que el mortero deja de ser líquida. Es también el instante en que comienza la trabajabilidad (moldeo, extensión) del material; en la figura 2 está señalado por la línea de rayas y puntos. Al aumentar la resistencia se llega al final del fraguado (línea de puntos seguidos). El lapso de tiempo que transcurre hasta el final del fraguado es dos y media a tres veces el del comienzo del mismo (véanse los ejemplos en la fig. 13: en el yeso de enlucido, principio 4 min, final 12 min; en el yeso de moldeo, principio 8 min, final 20 min). Más tarde la masa fraguada es tan sólida que no puede deformarse con los medios de trabajo ordinarios. Se alcanza así el final del tiempo de trabajabilidad.

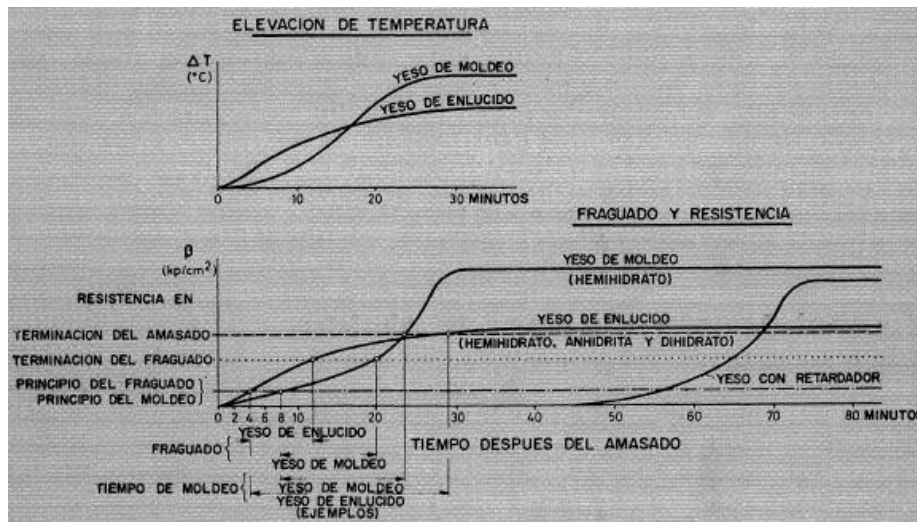


Figura 13: Tiempo de fraguado de los yesos

¿Qué diferencia hay entre los yesos de moldeo y los de enlucidos en estos procesos de fraguado y trabajabilidad?

Un yeso de moldeo empleado como conglomerante de mortero es trabajable durante un tiempo muy corto que, en promedio esta por los 16 minutos, ya que el aumento de resistencia también sube rápidamente, ya que el yeso de moldeo tiene una composición bastante uniforme en hemidratos.

El yeso de enlucidos tiene para comenzar el fraguado un tiempo más corto (es decir, empieza a fraguar antes) porque contiene cierta cantidad de hidrato doble como germen de cristalización. La segunda parte de la hidratación (la posthidratación) no se desarrolla tan rápidamente como la primera (hasta el final del fraguado) porque la hidratación de las anhidritas II y I va más lenta. Por lo tanto, la pasta del yeso de enlucidos que va espesándose es trabajable durante más largo tiempo que la del yeso de moldeo.

Si se mezcla el yeso de moldeo con un material retardador, la curva de fraguado queda corrida en un cierto intervalo (que puede llegar a ser de varias horas). Esta prolongación del tiempo de fraguado influye en la forma de los cristales del hidrato doble, que quedan algo aplastados. Y esto, a su vez, produce una cierta disminución de la resistencia del yeso.

- Ensayo de Fraguado

Según (Albrecht, 1965) el ensayo de fraguado que los ensayos que se muestran no sirven para ensayar morteros de yeso a los que se le haya mezclado sustancias retardadoras del fraguado.

El comienzo de fraguado para los morteros de yesos de moldeo y de enlucido se hace cortando las probetas de ensayo con un cuchillo: el ensayo es de gran precisión. Lo importante es determinar el instante preciso en que los bordes del corte se sostienen. Nuestros intentos de ensayo con la aguja de Vicat no condujeron a resultados satisfactorios, ya que, con algunos yesos, los bordes se llenaban con espuma de la pasta tan rápidamente que no era posible la fijación exacta del instante en que los mencionados bordes permanecían estables.

La terminación del fraguado se fija en las normas francesas y alemanas para yesos, en el instante en que la presión de la yema de un dedo sobre la probeta no produce huella apreciable



*Figura 14:* Ensayo de determinación del tiempo de fraguado



Figura 15: Determinación de principio de fraguado del mortero de yeso



Figura 16: Determinación del final de fraguado del mortero de Yeso



### 2.2.8. Propiedades Mecánicas del Mortero de Yeso

Las propiedades Mecánicas del Yeso serán evaluadas a partir de los ensayos de: Resistencia flexión, Compresión y dureza.

#### 2.2.8.1. Resistencia a Flexión

Un método de ensayo comúnmente utilizado para los materiales frágiles es el ensayo de flexión. Por lo general involucra un espécimen que tiene una sección transversal rectangular y está soportado en sus extremos. La carga es aplicada verticalmente, ya sea en un punto o en dos; como resultado, estos ensayos se conocen como flexión en tres puntos, o en cuatro puntos, respectivamente. Los esfuerzos longitudinales en estos especímenes son a tensión en sus superficies inferiores y a la compresión en sus superficies superiores.

##### - Determinación de la Resistencia a Flexión

Se determina la carga necesaria para romper una probeta prismática de 160 mm × 40 mm × 40 mm apoyada sobre rodillos cuyos centros estén separados 100 mm. La probeta debe colocarse sobre los rodillos del dispositivo de flexión y, mediante un rodillo central, debe aplicarse una carga hasta que se rompa la probeta. Se anota la carga máxima, en newton, que soporta la probeta.

Expresión de Resultados:

La resistencia a flexión  $P_f$  viene dada por la fórmula:

$$P_f = 0.00234 \times P$$

Donde:

- $P_f$  = es la resistencia a flexión en N/mm<sup>2</sup>;
- $P$  = es la carga media de rotura en N de, al menos, tres valores obtenidos;

(EN13279-2, 2006)



### 2.2.8.2. Resistencia a Compresión

El principio de este ensayo es que se comprimen hasta su rotura. La resistencia a compresión debe determinarse aplicando una carga a los trozos rotos de las probetas procedentes del ensayo de resistencia a flexión. Si el ensayo de compresión no se realiza inmediatamente a continuación del ensayo de flexión, los trozos de las probetas a ensayos se deberían guardar en un desecador. Los trozos de las probetas se colocan con sus caras laterales hacia arriba y hacia abajo entre los dos platos de acero de la prensa de compresión de forma que los lados de la probeta que estuvieron en contacto con las caras del molde estén en contacto con los platos de la prensa en una sección de 40mmx40mm.

#### - Expresión de Resultados

Debe calcularse el valor medio de los 6 valores obtenidos y expresarse en N/mm<sup>2</sup>. La carga de resistencia a compresión  $R_c$  viene dada por la siguiente fórmula:

$$R_c = F_c / 1600$$

Donde:

- $R_c$  = es la resistencia a compresión en N/mm<sup>2</sup>;
- $F_c$  = es la máxima carga en la rotura en N;
- $1600 = 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$  es el área de la probeta en mm<sup>2</sup>.

(EN13279-2, 2006)

### 2.2.8.3. Dureza

#### - Según (Albrecht, 1965)

Es comprensible el deseo de llegar a poder juzgar las condiciones mecánicas (resistencia) de las probetas u objetos de yeso mediante un ensayo sencillo. Se trata de la huella causada por choque o percusión de una bola. La ventaja principal consiste en que el ensayo se efectúa sin destrucción del material; de este modo es posible repetir el ensayo en la misma probeta y a distintos tiempos. Otra ventaja es la sencillez y baratura del aparato empleado, por lo menos comparado con una máquina de ensayo a compresión.



Para el ensayo en el laboratorio tiene ventajas la prueba estática de dureza (huella de la presión de una bola), ya que el aparato puede ajustarse con más exactitud que los de choque o percusión (péndulo de bola). Con el ensayo se determina la dureza Brinell. Para probetas secas se emplea, en general, una bola de acero de diámetro  $D = 10$  mm y una sobrecarga de  $P = 20$  k~. La profundidad  $t$  de la huella se mide con una precisión de 1/100 milímetros.

La dureza  $H$  se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot t} = \frac{6.370}{t} \text{ kg/cm}^2,$$

poniendo  $D$  en cm;  $t$  en 1/100 mm. La duración de la sobrecarga señalada en DIN 1168 es de 15 segundos. La bola durante el ensayo de probetas bien secas llega tan pronto al equilibrio que, prácticamente, bastan 3 segundos para efectuar el ensayo. Para conseguir un valor medio aceptable, el ensayo suele hacerse sobre tres prismas; en cada uno se hacen 3 huellas.

El ensayo en obra se hace con aparatos de choque o percusión (péndulo de bola) que se transportan con gran facilidad. Nuestras indagaciones sobre la elección de aparatos más adecuados no han terminado aún. Nada definitivo puede darse sobre esta cuestión.

- La dureza según (Kalpakjian, 2002) referenciado en (Mamani Delgado , 2016)

Se han desarrollado varios métodos para medir la dureza, utilizando diferentes materiales y formas. Uno de los ensayos más comunes es el Ensayo Brinell. El cual fue introducido por J. A. Brinell en 1900, este ensayo involucra la compresión de una bola de acero de carbono de tungsteno, de un diámetro de 10mm, contra una superficie, con una carga de 500kilos, 1500kilos o 3000kilos. El número de dureza Brinell (HB) se define como la relación de la carga  $p$  al área de superficie curvada de la indentación o impresión. Se determina la huella dejada por una fuerza determinada sobre la probeta de ensayo. Para lo cual se utiliza un dispositivo que permita aplicar una bola de acero endurecido de 10 mm de diámetro en un punto fijo de la superficie de una probeta y que se pueda ejercer una carga fija sobre dicha bola de forma perpendicular a la superficie de la probeta. Además, se requiere un comparador, que forme parte del conjunto de la bola, y permita determinar la profundidad de la huella.

- La dureza

El ensayo se realiza sobre dos de las caras longitudinales de la probeta (por ejemplo, sobre las caras laterales que están en contacto con el molde). Se aplica la carga en tres puntos situados a una distancia de  $\frac{1}{4}$  de la longitud de la probeta aplicando la fuerza perpendicularmente a la cara ensayada, en el plano que pasa por el eje lateral. Los puntos extremos deben estar situados a una distancia de 20 mm de cada uno de los extremos de la probeta. Se aplica una carga de 10 N y en 2 s se incrementa hasta  $200 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$ . Se mantiene la carga durante 15 s; a continuación, se mide la profundidad de la huella.

La dureza H, en  $\text{N/mm}^2$  viene dada por la fórmula:

$$H = \frac{F}{\pi \times D \times t}$$

Donde:

- F = Fuerza de la carga en N;
- D = Diámetro de la bola, en mm;
- d = Diámetro de la huella, en mm.

Se anota en el informe de ensayo, en grupos de tres correspondientes a cada una de las caras ensayadas, la profundidad de las 18 huellas. Se calcula la media aritmética. t. y se indica el número de resultados comprendidos entre 0,9t y 1,1t. Se excluyen los valores de las huellas que se hayan marcado sobre poros.

(EN13279-2, 2006)

### 2.2.9. Las Propiedades de los yesos de moldeo y enlucidos y sus ensayos

Según (Albrecht, 1965) los yesos de moldeo y enlucidos tienen las siguientes Propiedades:

#### 2.2.9.1. Resistencia a secado Rápido

Si se seca rápidamente una probeta de yeso, por ejemplo, en un horno a  $40^\circ \text{C}$  de temperatura, al principio la resistencia no aumenta de un modo esencial (véase fig. 17). Pero cuando la humedad desciende a un reducido tanto por ciento (cuando la probeta pasa del color gris al blanco), la elevación de resistencia es muy sensible. La resistencia aumenta, en este caso, hasta alcanzar  $2 \frac{1}{2}$  a 3 veces el valor de la resistencia húmeda. Por lo tanto, en el yeso la resistencia no es proporcional





al contenido de humedad. Examinando las curvas, se reconoce fácilmente que, a pequeñas variaciones de humedad, dentro del estado bajo de humedad (es decir, con menos de 1 % de agua), corresponden grandes variaciones en la resistencia. Por ejemplo: a una variación de contenido de agua en la probeta de solamente 0,1 %, corresponde una variación de la resistencia del 8 %. La resistencia seca sólo tiene sentido considerando las condiciones del ambiente.

Hemos de recordar también que el contenido de humedad de la probeta u objeto, tanto si se seca al aire como si se seca en un ambiente determinado, acaba por acomodarse a las condiciones de dicho ambiente; es decir, que, a una determinada humedad relativa, p. ej. del aire, acaba por corresponder otra humedad también perfectamente determinada de la probeta. No es, por tanto, admisible creer que una probeta u objeto de yeso que esté seco permanezca ya seco en lo sucesivo. El yeso, lo mismo que la madera y muchos otros materiales, posee un equilibrio higroscópico.

#### *2.2.9.2. Resistencia a secado Lento*

Según (Albrecht, 1965) Con el secado natural, por ej., en locales cubiertos, la duración del mismo es bastante larga. Depende de la humedad relativa del aire, de su temperatura, de su movimiento, de las dimensiones y forma de la probeta u objeto de yeso de que se trate y puede durar días o semanas. Es frecuente que durante las primeras horas o días se pueda comprobar un retroceso o disminución de la resistencia húmeda que puede llegar a valer del 10 al 20 %. Este proceso se explica por la modificación que experimentan los cristales del dihidrato; la tensión de disolución redondea los vértices de los cristales y se deposita yeso en las caras laterales. Quedan así los cristales aplastados y, como consecuencia, la resistencia disminuye. Observando esta regresión en la resistencia al extender un enlucido, en el instante más desfavorable puede surgir el temor de que dicho enlucido se reblandezca en exceso y se desprenda de la pared. Dicho temor es infundado, y la calidad del enlucido queda inalterable porque el estado húmedo es transitorio; y el propio efecto de la humedad en el proceso ya conocido, y que hemos llamado de posthidratación, llega a superar la regresión resultando, en definitiva, que la resistencia final es superior a la que tenía el material antes de la regresión. Si ponemos la resistencia del yeso de enlucidos con secado rápido igual a 100 %, la resistencia final con secado lento, a pesar de la regresión, es de 100 a 130%.

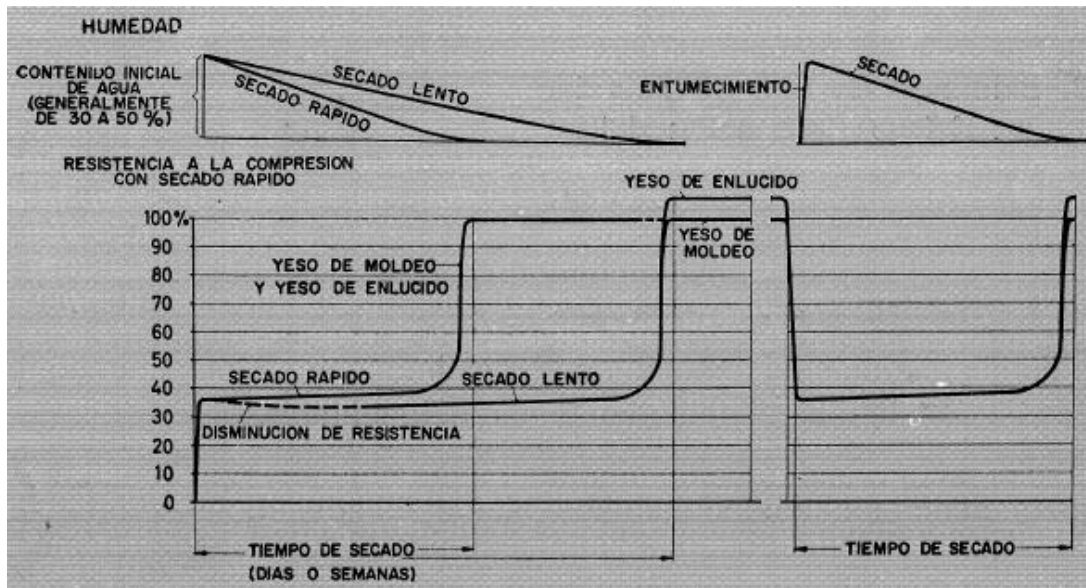


Figura 17: Resistencia con secado y endurecimiento del yeso

## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis General

Al analizar las propiedades mecánicas del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcoondo presenta mayores propiedades mecánicas respecto al mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay según la Norma UNE-EN 13279-2-CEN para su uso como material de revestimiento en la construcción.

### 2.3.2. Sub Hipótesis

1. La resistencia a la compresión del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcoondo presenta mayores valores que el mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay.
2. La resistencia a flexión del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcoondo presenta mayores valores que el mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay.
3. La dureza del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcoondo presenta mayores valores que el mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay.
4. El tiempo de fraguado del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcoondo presenta mayores valores que el mortero de yeso producido en la cantera de Huacarpay para diferentes volúmenes de agua.





2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13279-2-CEN						
	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE	Yeso	Material de construcción producto de la calcinación de la piedra aljez.	Yeso de la cantera de Huarocondo	Cantidad de Yeso	Kg.	Guías de Observación
			Yeso de la cantera de Huacarpay	Granulometría		
	Agua	Sustancia líquida que está constituida por hidrogeno y oxígeno (H <sub>2</sub> O)	Agua	Cantidad de Agua	MI, m3	Guías de Observación
DEPENDIENTE	Variabilidad de las Propiedades Mecánicas del mortero de Yeso	Para la siguiente investigación la variabilidad de las propiedades Mecánicas del Mortero de yeso de las canteras de Huarocondo y Huacarpay harán alusión a la Resistencia a la Compresión, Resistencia a Flexión, Dureza y Tiempo de Fraguado	Resistencia a Compresión	Esfuerzo	MPa	Guías de recolección de datos e instrumento de ingeniería.
			Resistencia a Flexión	Esfuerzo	MPa	Guías de recolección de datos e instrumento de ingeniería.
			Dureza	Esfuerzo	MPa	Guías de recolección de datos e instrumento de ingeniería.
			Tiempo de Fraguado	Minutos	min	Guías de recolección de datos e instrumento de ingeniería.



## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Metodología de la Investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la Investigación

El tipo de investigación será cuantitativa porque nos permitirá evaluar la realidad en función de parámetros medibles. Además, estará orientada a la descripción, predicción y explicación de datos medibles.

Según (Hernández, 2004) La investigación cuantitativa nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de los fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

#### 3.1.2. Nivel o alcance de la Investigación

La presente investigación tendrá un nivel Descriptivo porque se describirá en el contexto de la investigación cuantificando de la manera más precisa las variables que intervendrán en la investigación.

#### 3.1.3. Método de la Investigación

Al suponer los resultados y demostrar que los resultados si las respuestas serán válidas, es por ello que la investigación, se afirma que el método utilizado será Hipotético-Deductivo.

Según (Hernández, 2004)

El método Hipotético-Deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

### 3.2. Diseño de la Investigación

#### 3.2.1. Diseño Metodológico

##### 3.2.1.1. *Diseño Cuasiexperimental*

Según (Hedrick, 1993) los diseños Cuasiexperimentales tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables.



### 3.2.2. Diseño de Ingeniería

- ✓ Como primer paso que se realizó fue definición de las canteras de Huarcocondo y la cantera de Huacarpay de las cuales se determinó puntos específicos para la extracción de la materia prima.
- ✓ Después identificadas las canteras se realizó la extracción de la materia de ambas canteras para llevarlas a laboratorio.
- ✓ Luego se procedió con el tamizado del yeso por el tamiz N° 50 de ambas canteras, utilizando solo el material pasante por dicho tamiz.
- ✓ Teniendo el material ya tamizado se procedió a preparar las probetas con el mortero con diferentes volúmenes de agua en su contenido teniendo así 3 diferentes relaciones agua /yeso para cada cantera.
- ✓ Teniendo las probetas ya listas se procedió a someterlos a los cuatro ensayos, resistencia a compresión, resistencia a flexión, dureza y tiempo de fraguado.
- ✓ Finalmente, se continuó con el análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

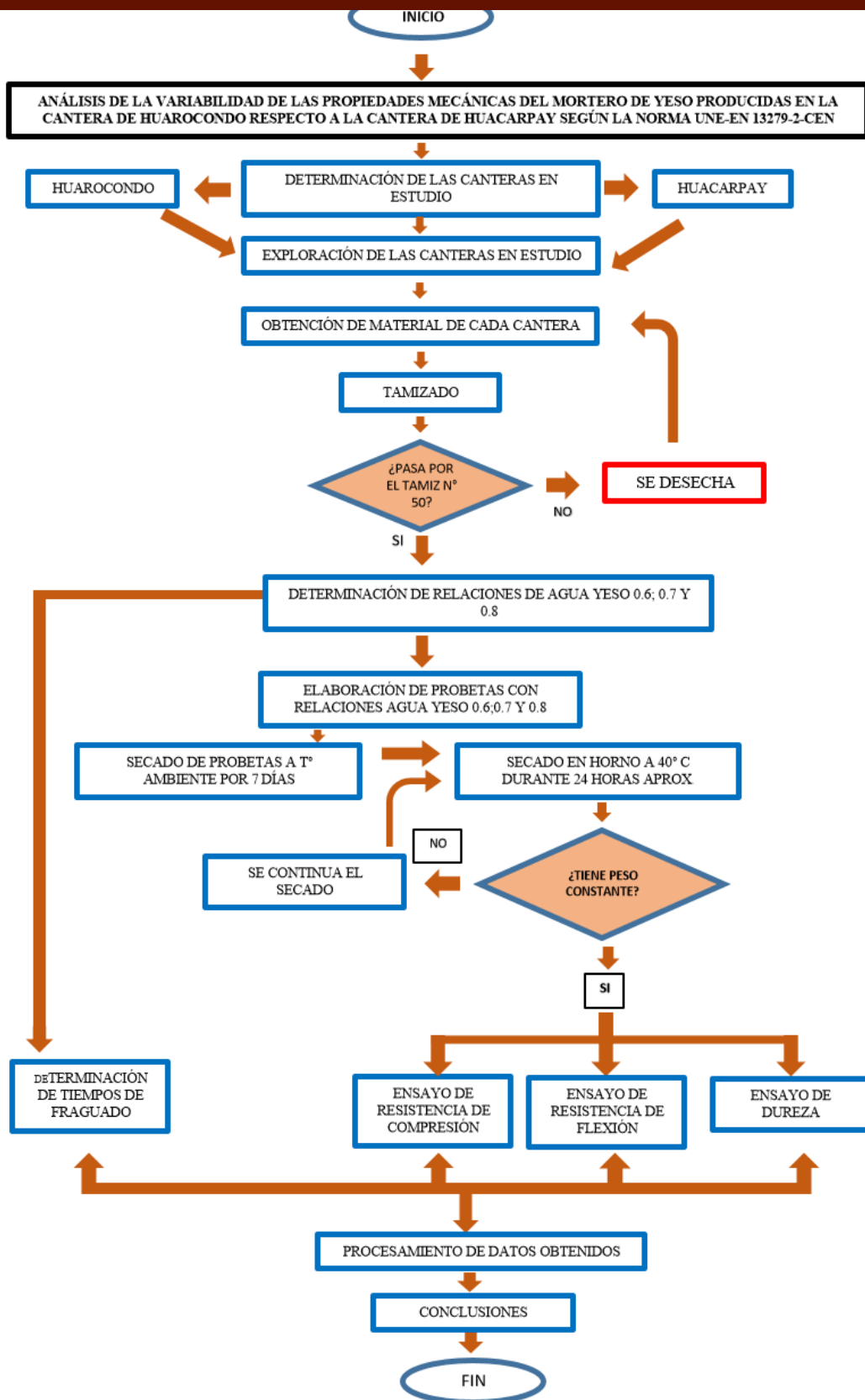


Figura 18: Flujograma de la Tesis



### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población**

##### *3.3.1.1. Descripción de la Población*

Nuestra muestra en estudio está constituida por 240 unidades prismáticas y el yeso pasante por la malla N° 50.

##### *3.3.1.2. Cuantificación de la Población*

Para nuestra población se tuvo 240 unidades prismáticas y 15 kg del material pasante por la malla N° 50.

#### **3.3.2. Muestra**

##### *3.3.2.1. Descripción de la Muestra*

Nuestra muestra en estudio está constituida por 240 unidades prismáticas y el yeso pasante por la malla N° 50.

##### *3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra*

La muestra comprende 14 unidades por cada uno de los ensayos a flexión, y 20 unidades por el ensayo de compresión y 6 unidades prismáticas para cada uno de los ensayos de dureza (para la variabilidad del mortero de yeso producido en la cantera de Huarcocondo y la Cantera de Huacarpay) haciendo un total de 240 unidades prismáticas. Y 5 kg de yeso pasante por la malla N° 50 para cada relación de agua/yeso, requiriendo un total de 15kg.

##### *3.3.2.3. Métodos de muestreo*

El método de muestreo usado en es el método No Probabilístico o también conocido como muestreo intencional ya las unidades prismáticas son seleccionadas a base del criterio de los tesisistas.





### 3.3.2.4. Criterio de evaluación de muestra

Tabla 3

Cantidad de muestras para ensayos de resistencia mecánica.

Ensayos	Relaciones Agua Yeso		
	A/Y=0.6	A/Y=0.7	A/Y=0.8
<b>Resistencia a Flexión</b>	28 und.	28 und.	28 und.
<b>Resistencia a Compresión</b>	40 und.	40 und.	40 und.
<b>Dureza</b>	12 und.	12 und.	12 und.
<b>Tiempo de Fraguado</b>	5Kg.	5Kg.	5Kg.

La tabla N° 3 muestra la cantidad y los pesos necesarios para realizar los ensayos de resistencia mecánica de las muestras prismáticas hechas con mortero de yeso de 40x40x160 mm.

### 3.3.3. Criterios de Inclusión

- ✓ La materia deberá ser extraída de las canteras de Huarcondo y Huacarpay
- ✓ Se utilizó yeso pasante por la malla N° 50.
- ✓ Las dimensiones de la sección transversal de las unidades prismáticas son de 40mm x 40mm y una longitud de 160mm. Secado de las unidades prismáticas o probetas durante 7 días a temperatura ambiente.
- ✓ Y finalmente secado de las unidades prismáticas en horno a 40 °C hasta tener pesos constantes.

## 3.4. Instrumentos

### 3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

#### 3.4.1.1. Guías de Observación



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN**

**TESIS :** ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

**TOMA DE DATOS**

Basado en : Norma UNE-EN-13279-2-CEN

Tesistas: CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

Laboratorio: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC      Fecha: 03/10/2019  
Cantera: HUACARPAY      Nº de muestras 14  
Relacion a/y: 0.6      Temperatura:

**TOMA DE DATOS**

MUESTRA	P	BASE (cm)	ALTURA (cm)	
1				
2				
3				
4				OBSERVACIONES:
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Fc: Es la carga de rotura en N

Figura 19: Guía de observación para la toma de datos para la resistencia a la Flexión



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TESIS : ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

TOMA DE DATOS

Basado en : Norma UNE-EN-13279-2-CEN

Tesistas: CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

Laboratorio: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC      Fecha: 04/10/2019  
Cantera: HUACARPAY      N° de muestras 20  
Relacion a/y: 0.6

TOMA DE DATOS


MUESTRA	FC	L(mm)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

OBSERVACIONES:


Fc: Es la carga maxima en la rotura en N

Figura 20: Guía de bservación para la toma de datos para la resistencia a la compresión





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



---

**DETERMINACIÓN DE LA DUREZA**

**TESIS :** ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

**TOMA DE DATOS**

**Basado en :** Norma UNE-EN-13279-2-CEN

**Tesistas:** CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

---

**Laboratorio:** Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC **Fecha:** 05/10/2019  
**Cantera:** Huarcoondo **N° de muestras** 6  
**Relacion a/y:** 0.6

---

TOMA DE DATOS


PROBETA	CARA	d(mm)	D(mm)
1	Cara 1		
	Cara 2		
2	Cara 1		
	Cara 2		
3	Cara 1		
	Cara 2		
4	Cara 1		
	Cara 2		
5	Cara 1		
	Cara 2		
6	Cara 1		
	Cara 2		

**OBSERVACIONES**


F=210 N: Fuerza ejercida al cabo de 15 seg.  
D: Diametro de 10 mm  
d: Diametro de la huella, mm  
HB: Numero de Brinell N/mm2

Figura 21: Guía de observación para la toma de datos para el ensayo de dureza.





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO**

**TESIS :** ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

**TOMA DE DATOS**

**Basado en :** Norma UNE-EN-13279-2-CEN

**Tesisistas:** CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	Fecha:	.../.../201...
Cantera:	Huarocondo	Nº de muestras	10
Relacion a/y:	0.7		

**TOMA DE DATOS**

MUESTRA	To	T1			D(mm)
		h	min	seg	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**OBSERVACIONES:**

t1: Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse en minutos

to: Es el momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en minutos

D: Diametro de la Galleta

Figura 22: Guía de observación para la toma de datos para el tiempo de fraguado

3.4.1.2. Instrumentos de Calculo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN**

**TESIS:** ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A FLEXION

**Tesistas:** CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

Laboratorio: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC

Cantera: HUACARPAY

Relacion a/y: 0.8

Fecha: 03/10/2019

N° de muestras: 14

PROBETA	Xi= P(N)	Media	Xi-X	(Xi-X)^2	D. Estandar	Condicion
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

**CALCULO DE LA RESISTENCIA A FLEXION DE YESO DE HUACARPAY CON RELACION 0.8**

PROBETA	ALTURA	Xi= P(N)	P(kg/cm2)
1			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
13			
PROMEDIO=			

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - x)^2}{n - 1}}$$

P= Carga de rotura en N

$$P_F = 0.00234 \times P_{PROMEDIO}$$


1 N/mm2 = 1 MPa

PF=	0.000	MPa
PF=	0.00	kg/cm2


PF= Es la Resistencia a Flexion

Figura 23: Guía para la determinación de la resistencia a la flexión





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESIS : **ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN**

**PROCESAMIENTO DE DATOS**

TESISTAS: **CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange** Basado en : **NORMA UNE-EN-13279-2-CEN**  
**HUAMAN VILLA, Yhon Elvis**

---

Laboratorio: **Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC** Fecha: **04/10/2019**  
 Cantera: **HUACARPAY** N° de muestras **20**  
 Relacion a/y: **0.8**

MUESTRA	Xi = FC	Promedio	Xi - X	(Xi - X)^2	S (desv. Es)	CONDICION
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

MUESTRA	FC	L(mm)	L^2(mm^2)	Fc(N/mm^2)	Fc(kg/cm^2)
4					
5					
9					
11					
12					
14					
15					
16					
19					
20					
				Rc(prom)=	

$$R_c = \frac{F_{C_{PROMEDIO}}}{Área}$$

Fc: Es la carga maxima en la rotura en N  
 Rc: Es la carga maxima en la rotura en N  
 Area: Area en la que se aplica la carga

1 N/mm2 = 1 MPa

<b>Rc=</b>	<b>0.000</b>	<b>MPa</b>
<b>Rc=</b>	<b>0.00</b>	<b>kg/cm2</b>

Figura 24: Guía para la determinación de la resistencia a la compresión



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DETERMINACIÓN DE LA DUREZA**

**TESIS :** ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

**PROCESAMIENTO DE DATOS**

**Basado en :** Norma UNE-EN-13279-2-CEN

**Tesistas:** CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

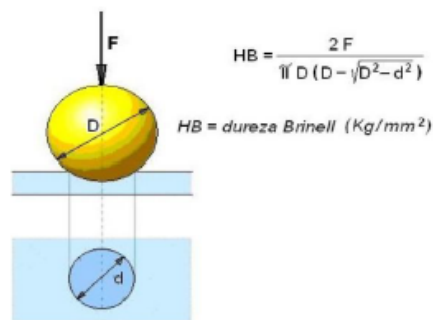
**Laboratorio:** Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC  
**Cantera:** HUAROCONDO  
**Relacion a/y:** 0.6  
**Fecha:** 05/10/2019  
**Nº de muestras:** 6  
**F=** 62.5

Procesamiento de Datos para la determinación de la cantera HUAROCONDO 0.6

PROBETA	CARA	d	D(mm)	HB
1	Cara 1			
	Cara 2			
2	Cara 1			
	Cara 2			
3	Cara 1			
	Cara 2			
4	Cara 1			
	Cara 2			
5	Cara 1			
	Cara 2			
6	Cara 1			
	Cara 2			

**OBSERVACIONES**

F=210 N: Fuerza ejercida al cabo de 15 seg.  
D: Diametro de 10 mm  
d: Diametro de la huella, mm  
HB: Numero de Brinell N/mm2



$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB = dureza Brinell (Kg/mm<sup>2</sup>)


1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MPa

HB(promedio)= MPa  
HB(promedio)= kg/cm<sup>2</sup>


Figura 25: Guía para la determinación de la dureza







UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



---

**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO**

---

**TESIS :** ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN

**TOMA DE DATOS**

**Basado en :** Norma UNE-EN-13279-2-CEN

**Tesistas:** CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange  
HUAMAN VILLA, Yhon Elvis

---

Laboratorio: Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC Fecha: .../.../201...  
 Cantera: Huarucondo Nº de muestras 10  
 Relacion a/y: 0.6

---

**METODO DEL CUCHILLO**

MUESTRA	To(min)	T1(min)	Ti(min)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**OBSERVACIONES:**

**to:** Es el momento en que se pone el yeso en contacto con el agua, en minutos

**t1:** Es el tiempo en que los labios de la hendidura realizada sobre el yeso con el cuchillo dejan de acercarse en minutos

**T1:** Tiempo de principio de fraguado, en min.

MUESTRA	X1=W(gr)	Media X	Xi - X	(Xi - X)^2	D. estandar(S)	CONDICION	Ti
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
<b>PROMEDIO=</b>							0.00

Figura 26: Guía para la determinación de los tiempos de fraguado

### 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

#### 3.4.2.1. Equipo de CBR

Equipo de Compresión que cuenta con un pistón de penetración CBR, la cual es capaz de penetrar a una tasa de 1.27 mm/min, este equipo puede medir la carga aplicada en la muestra y la deformación de las muestras.

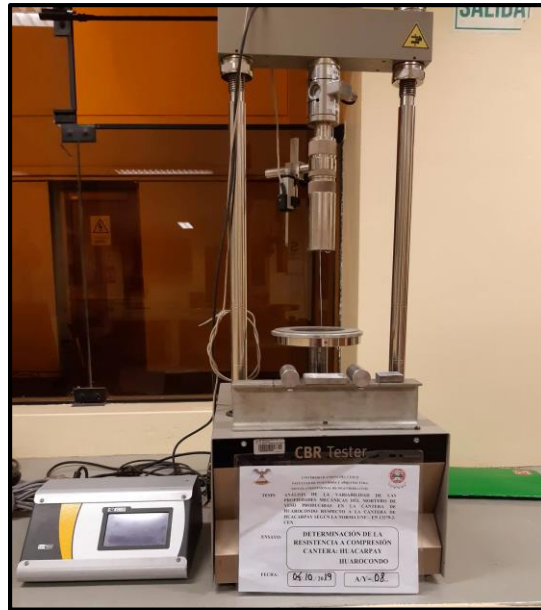


Figura 27: Equipo de compresión CBR

#### 3.4.2.2. Vernier

El vernier, también llamado pie de rey, es un instrumento de medición que nos permite tomar medidas de longitud mucho más precisas que un flexómetro. Está constituido por un par de reglas, una fija y una deslizante, y unos topes que facilitan la medida de dimensiones exteriores, dimensiones interiores y profundidades de objetos.



Figura 28: Vernier

### 3.4.2.3. Placas de Aplicación de Carga.

Placas de acero cuyas dimensiones eran 4cm x 4cm y espesor 1 cm para que las probetas se puedan ajustar en el ensayo de compresión



Figura 29: Placas de aplicación de carga.

### 3.4.2.4. Rodillos de Aplicación de Carga Puntual para ensayo de Flexión

Rodillos que se usaron para el ensayo de flexión y que estaban separados 10 cm de centro a centro para la correcta aplicación de la carga.

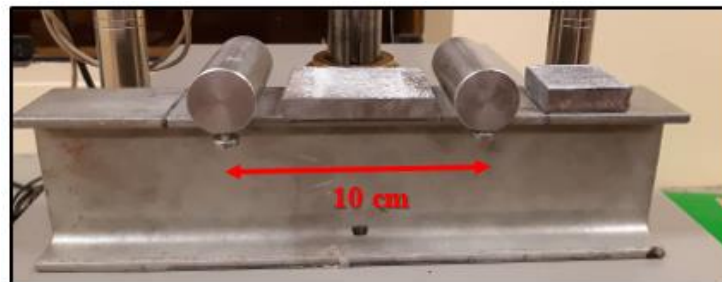


Figura 30: Rodillos para la carga de aplicación ensayo de flexión.

### 3.4.2.5. Balanza de Precisión

Instrumento que nos permitió pesar con una precisión 0.1 gr.



Figura 31: Balanza de precisión

### 3.4.2.6. Horno Eléctrico

Aparato para la cocción que funciona con energía eléctrica y que nos sirvió para regular la temperatura para el secado de las probetas en sus diferentes relaciones agua/yeso, hasta que tengan pesos constantes.



Figura 32: Horno eléctrico para secado de las muestras prismáticas


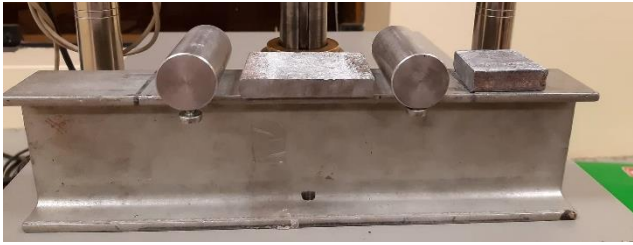

### 3.5. Procedimiento de recolección de Datos

#### 3.5.1. Ensayo de Resistencia a Flexión

- a. Equipos Utilizados para la realización del ensayo de Flexión

Tabla 4

*Equipos e Instrumentos utilizados en la prueba de Resistencia a la Flexión*

<p>Equipo de Compresión CBR</p>	
<p>Rodillos para aplicación de carga</p>	
<p>Vernier</p>	

## b. Procedimiento realizado

- Se realizaron marcas en todas las probetas para referenciar la ubicación de los rodillos que están separados 100 mm haciendo uso del Vernier, se procedió de la misma forma para las 3 relaciones de agua/yeso (0.6; 0.7 y 0.8) de ambas canteras.



Figura 33: Marcado para referenciar la ubicación de los rodillos para ensayo de flexión.

- Se colocaron las probetas encima de los rodillos separados 10 cm de centro a centro y un tercer rodillo en la parte central superior de la probeta, esto se realizó para las tres relaciones de agua/yeso de ambas canteras



Figura 34: Colocado de probeta en el Equipo de CBR para ensayo de flexión.

- Y finalmente, a todas las probetas en estudio se le aplicó una carga hasta la resistencia máxima a la flexión, que pasa cuando las probetas en estudio fallan.



Figura 35: Probetas sometidas a ensayo de flexión hasta su falla

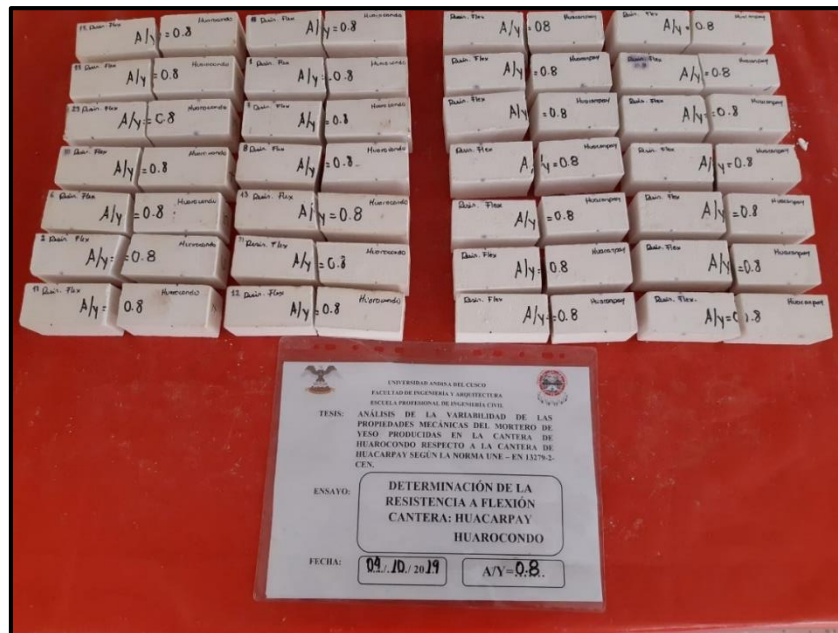


Figura 36: Probetas después del ensayo de resistencia a flexión

- c. Toma de Datos  
- Cantera de Huacarpay

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																													
<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN</b>																																																														
TESIS : ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE YESO PRODUCIDAS EN LA CANTERA DE HUAROCONDO RESPECTO A LA CANTERA DE HUACARPAY SEGÚN LA NORMA UNE-EN-13279-2-CEN																																																														
<b>TOMA DE DATOS</b>																																																														
Basado en :	Norma UNE-EN-13279-2-CEN																																																													
Tesistas:	CUEVA VALENZUELA, Katherine Solange HUAMAN VILLA, Yhon Elvis																																																													
Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Concreto - UAC	Fecha: 03/10/2019																																																												
Cantera:	HUACARPAY	Nº de muestras 14																																																												
Relacion a/y:	0.6	Temperatura:																																																												
<b>TOMA DE DATOS</b>																																																														
<table border="1"><thead><tr><th>MUESTRA</th><th>P</th><th>BASE (cm)</th><th>ALTURA (cm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>2432</td><td>4</td><td>10</td></tr><tr><td>2</td><td>2067</td><td>4</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>2027</td><td>4.05</td><td>10</td></tr><tr><td>4</td><td>2005</td><td>4</td><td>10</td></tr><tr><td>5</td><td>1858</td><td>4.15</td><td>10</td></tr><tr><td>6</td><td>2178</td><td>6</td><td>10</td></tr><tr><td>7</td><td>2072</td><td>4</td><td>10</td></tr><tr><td>8</td><td>1479</td><td>4</td><td>10</td></tr><tr><td>9</td><td>2041</td><td>4</td><td>10.1</td></tr><tr><td>10</td><td>1241</td><td>4</td><td>10.1</td></tr><tr><td>11</td><td>1877</td><td>4</td><td>10.1</td></tr><tr><td>12</td><td>2195</td><td>4.15</td><td>10</td></tr><tr><td>13</td><td>1909</td><td>4</td><td>10.1</td></tr><tr><td>14</td><td>2098</td><td>4</td><td>10.1</td></tr></tbody></table>	MUESTRA	P	BASE (cm)	ALTURA (cm)	1	2432	4	10	2	2067	4	10	3	2027	4.05	10	4	2005	4	10	5	1858	4.15	10	6	2178	6	10	7	2072	4	10	8	1479	4	10	9	2041	4	10.1	10	1241	4	10.1	11	1877	4	10.1	12	2195	4.15	10	13	1909	4	10.1	14	2098	4	10.1	OBSERVACIONES:	
MUESTRA	P	BASE (cm)	ALTURA (cm)																																																											
1	2432	4	10																																																											
2	2067	4	10																																																											
3	2027	4.05	10																																																											
4	2005	4	10																																																											
5	1858	4.15	10																																																											
6	2178	6	10																																																											
7	2072	4	10																																																											
8	1479	4	10																																																											
9	2041	4	10.1																																																											
10	1241	4	10.1																																																											
11	1877	4	10.1																																																											
12	2195	4.15	10																																																											
13	1909	4	10.1																																																											
14	2098	4	10.1																																																											
Fc: Es la carga de rotura en N																																																														

Figura 37: Toma de Datos del ensayo de Resistencia a Flexión Cantera Huacarpay 0.6