



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE  
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FABRICADOS CON RELAVES  
MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN, DISTRITO DE  
ANANEA – PUNO.”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. RONALD CHARLES MARCA PERCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a quienes me dieron la vida mi padre Nestor Marca Limachi y a mi madre Aquilina Perca Iturry, que son los mejores del mundo y por su gran esfuerzo y apoyo incondicional que me dieron en culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mis hermanos Francisco, Nélide, Darwin y Einer por su gran apoyo y aliento de seguir cada día, doy gracias infinitas a Dios por habernos hecho hermanos.

**RONALD CHARLES MARCA PERCA**



## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra institución, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por la enseñanza de sus sabios conocimientos que nos dieron en la etapa universitaria.

A mi Director y/o Asesor de Tesis, Ing. Félix Rojas Chahuares, por su incesante en la elaboración y concepción del presente trabajo de investigación.

**RONALD CHARLES MARCA PERCA**



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN .....13**

**ABSTRACT.....14**

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....15**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....16**

1.2.1. Problema General. .... 16

1.2.2. Problema Específico. .... 16

**1.3. HIPÓTESIS.....17**

1.3.1. Hipótesis General. .... 17

1.3.2. Hipótesis Específicos. .... 17

**1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO. ....17**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....19**

1.5.1. Objetivo General. .... 19

1.5.2. Objetivos Específicos. .... 19

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

**2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....21**

**2.2. MARCO TEÓRICO. ....23**

2.2.1. Las Arcillas como Materia Prima.....23

2.2.2. El Ladrillo como Unidades de Arcilla. ....25

2.2.3. Unidades de Albañilería.....26

2.2.4. El Ladrillo: Unidades de Albañilería (Rne, E-070).....27

2.2.5. Morteros (RNE, E-070). ....31

2.2.6. Resistencia de Prismas de Albañilería (RNE, E-070). ....33



2.2.7. Relaves Mineros en el Perú.....	35
2.2.8. Fases de la Extracción del Mineral.....	36
2.2.9. Chute.....	38
2.2.10. Procedimiento para la fabricación de Ladrillos.....	42
2.2.11. Análisis de Varianza.....	48
2.2.12. La Prueba Tukey.....	49

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO. ....</b>	<b>51</b>
3.1.1. Ubicación de Ladrillera Artesanal y Laboratorio de Construcciones.....	52
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....</b>	<b>53</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO. ....</b>	<b>55</b>
3.4.1. Población.....	55
3.4.2. Muestra. ....	57
<b>3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>59</b>
3.5.1. Tipo de Investigación.....	59
3.5.2. Diseño Cuasi Experimental.....	59
3.5.3. Análisis de Datos.....	60
<b>3.6. PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>60</b>
3.6.1. Fabricación artesanal de unidades de albañilería. ....	60
3.6.2. Límites de Consistencia y Análisis Granulométrico del Relave Minero.....	64
3.6.3. Ensayos Según Norma NTP 399.613. ....	67
3.6.4. Ensayos según Norma NTP 399.605, Método de Ensayo para la determinación de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería. .	83
<b>3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. ....</b>	<b>86</b>
3.7.1. Clasificación de suelo del relave minero .....	86
3.7.2. Determinación del peso.....	87
3.7.3. Medida del tamaño. ....	88
3.7.4. Medida del alabeo.....	90
3.7.5. Absorción.....	92
3.7.6. Coeficiente de saturación.....	95
3.7.7. Resistencia a la compresión. ....	97



3.7.8. Ensayos según Norma NTP 399.605, Método de Ensayo para la determinación de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería. .....	102
---	-----

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. RESULTADOS. ....</b>	<b>106</b>
4.1.1. Propiedades Físicas.....	106
4.1.2. Propiedades Mecánicas.....	108
<b>4.2. DISCUSIÓN.....</b>	<b>110</b>
<b>4.3. VIABILIDAD DEL PROYECTO. ....</b>	<b>112</b>
4.3.1. Alcance del Proyecto. ....	112
4.3.2. Potencia de los Relaves Mineros.....	114
4.3.3. Evaluación de la Viabilidad. ....	114
4.3.4. Costo Beneficio. ....	121
4.3.5. Volumen de Producción.....	122
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>123</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>132</b>

**ÁREA:** Mitigación Ambiental, Unidades Albañilería.

**TEMA:** Construcciones y Ambiental.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Construcciones y Gerencia.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 07 de enero de 2020



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Diagrama de fases de explotación minera.....	38
<i>Figura 2.</i> Imagen de un Chute. ....	40
<i>Figura 3.</i> Esquema del proceso de lavado del material mediante Chutes.....	41
<i>Figura 4.</i> Extracción de las alfombras donde se retiene el oro.....	41
<i>Figura 5.</i> Vista de la poza de sedimentación de lodos después del lavado. ....	42
<i>Figura 6.</i> Diagrama de Flujo general para la actividad ladrillera.....	42
<i>Figura 7.</i> Esquema del Proceso de fabricación de Ladrillos. ....	46
<i>Figura 8.</i> Imagen satelital de la expansión de la concesión minera.....	52
<i>Figura 9.</i> Imagen de la Ubicación de la ladrillera artesanal. ....	53
<i>Figura 10.</i> Imagen del Acceso a la mina Calizaya. ....	54
<i>Figura 11.</i> Imagen de Poza de lodo con señalización indicando su riesgo. ....	54
<i>Figura 12.</i> Imagen de una Poza de lodo seco. ....	55
<i>Figura 13.</i> Imagen de distribución de las pozas de lodo en la Mina.....	56
<i>Figura 14.</i> Extracción y transporte del relave minero.....	58
<i>Figura 15.</i> Proporciones de relaves en los 3 tipos de ladrillos.....	61
<i>Figura 16.</i> Proceso de mezclado.....	61
<i>Figura 17.</i> Proceso de moldeado, cortado y secado.....	62
<i>Figura 18.</i> Extracción de los ladrillos del horno artesanal.....	63
<i>Figura 19.</i> Pesado del material de relave minero. ....	66
<i>Figura 20.</i> Secado en horno.....	68
<i>Figura 21.</i> Determinación del peso.....	69
<i>Figura 22.</i> Procedimiento de Medida del Tamaño. ....	70
<i>Figura 23.</i> Medición del alabeo.....	72
<i>Figura 24.</i> Procedimiento para medir la absorción.....	74
<i>Figura 25.</i> Procedimiento para la absorción en agua caliente.....	76
<i>Figura 26.</i> Ladrillos separados por pares para determinar la efluorescencia. ....	78
<i>Figura 27.</i> Máquina de compresión. ....	79
<i>Figura 28.</i> Refrenado con yeso en ladrillos.....	80
<i>Figura 29.</i> Proceso de compresión de ladrillos. ....	81
<i>Figura 30.</i> Compresión de ladrillo King Kong solido artesanal.....	81
<i>Figura 31.</i> Curva granulométrica.....	84
<i>Figura 32.</i> Rotura de pilas de albañilería. ....	85



<i>Figura 33.</i> Promedio de peso.....	87
<i>Figura 34.</i> Variación Dimensional.....	90
<i>Figura 35.</i> Medida del alabeo.....	92
<i>Figura 36.</i> Absorción en agua fría y caliente. ....	94
<i>Figura 37.</i> Coeficiente de saturación. ....	96
<i>Figura 38.</i> Diagrama de concentración de cajas de la media de los grupos f'b.....	101
<i>Figura 39.</i> Grafico de las medianas f'b. ....	101
<i>Figura 40.</i> Diagrama de concentración de cajas de la media de los grupos f'm.....	105
<i>Figura 41.</i> Grafico de las medianas f'm. ....	105



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.</i>	28
Tabla 2	<i>Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.</i>	29
Tabla 3	<i>Granulometría de la arena gruesa.</i>	32
Tabla 4	<i>Método para determinar <math>f'_m</math> y <math>v'_m</math>.</i>	33
Tabla 5	<i>Incremento de <math>f'_m</math> y <math>v'_m</math> por edad.</i>	35
Tabla 6	<i>Resistencias características de la albañilería Mpa (Kg/cm<sup>2</sup>).</i>	35
Tabla 7	<i>Coordenadas UTM, WGS' 84 de la cuadrícula de la concesión minera.</i>	51
Tabla 8	<i>Cuadro de volúmenes de pozas según la Figura 13.</i>	56
Tabla 9	<i>Tamaño de la muestra.</i>	58
Tabla 10	<i>Factores y Niveles.</i>	59
Tabla 11	<i>Distribución de los ladrillos fabricados.</i>	64
Tabla 12	<i>Registro y resultados del límite líquido.</i>	65
Tabla 13	<i>Registro de datos y resultados límite plástico.</i>	65
Tabla 14	<i>Registro de los pesos del tamizado.</i>	67
Tabla 15	<i>Medición del peso antes y después del secado en el horno.</i>	68
Tabla 16	<i>Datos de Determinación de peso.</i>	69
Tabla 17	<i>Datos de medidas del tamaño de ladrillos con 90% de relave T-1.</i>	70
Tabla 18	<i>Datos de medidas del tamaño de ladrillos con 70% de relave T-2.</i>	71
Tabla 19	<i>Datos de medidas del tamaño de ladrillos con 50% de relave T-3.</i>	71
Tabla 20	<i>Datos de medición del alabeo de ladrillos con 90% de relave T-1.</i>	72
Tabla 21	<i>Datos de medición del alabeo de ladrillos con 70% de relave.</i>	73
Tabla 22	<i>Datos de medición del alabeo de ladrillos con 50% de relave.</i>	73
Tabla 23	<i>Datos del peso para la absorción de ladrillos con 90% de relave T-1.</i>	74
Tabla 24	<i>Datos del peso para la absorción de ladrillos con 70% de relave T-2.</i>	75
Tabla 25	<i>Datos del peso para la absorción de ladrillos con 50% de relave T-3.</i>	75
Tabla 26	<i>Datos del peso para la absorción en agua caliente T-1.</i>	76
Tabla 27	<i>Datos del peso para la absorción en agua caliente T-2.</i>	76
Tabla 28	<i>Datos del peso para la absorción en agua caliente T-3.</i>	77
Tabla 29	<i>Datos tomados de ladrillos T-1 (90% de relave).</i>	82
Tabla 30	<i>Datos tomados de ladrillos T-2 (70% de relave).</i>	82
Tabla 31	<i>Datos tomados de ladrillos T-3 (50% de relave).</i>	82
Tabla 32	<i>Datos tomados de ladrillo King Kong solido artesanal.</i>	82



Tabla 33	<i>Granulometría de arena para mortero.</i>	83
Tabla 34	<i>Distribución de las pilas construidas.</i>	84
Tabla 35	<i>Datos de pilas de ladrillos T-1 con (90% de relave).</i>	85
Tabla 36	<i>Datos de pilas de ladrillos T-2 con (70% de relave).</i>	86
Tabla 37	<i>Datos de pilas de ladrillos T-3 con (50% de relave).</i>	86
Tabla 38	<i>Clasificación del suelo.</i>	86
Tabla 39	<i>Peso promedio.</i>	87
Tabla 40	<i>Variación dimensional de T-1.</i>	88
Tabla 41	<i>Variación dimensional de T-2.</i>	88
Tabla 42	<i>Variación dimensional de T-3.</i>	89
Tabla 43	<i>Valor promedio de alabeo de T-1.</i>	90
Tabla 44	<i>Valor promedio de alabeo de T-2.</i>	91
Tabla 45	<i>Valor promedio de alabeo de T-3.</i>	91
Tabla 46	<i>Absorción en agua fría de ladrillos T-1.</i>	92
Tabla 47	<i>Absorción en agua fría de ladrillos T-2.</i>	93
Tabla 48	<i>Absorción en agua fría en ladrillos T-3.</i>	93
Tabla 49	<i>Absorción en agua caliente en ladrillos T-1.</i>	93
Tabla 50	<i>Absorción en agua caliente en ladrillos T-2.</i>	94
Tabla 51	<i>Absorción en agua caliente de ladrillos T-3.</i>	94
Tabla 52	<i>Coefficiente de saturación para ladrillos T-1.</i>	95
Tabla 53	<i>Coefficiente de saturación para ladrillos T-2.</i>	95
Tabla 54	<i>Coefficiente de saturación para ladrillos T-3.</i>	96
Tabla 55	<i>Resultados de <math>f_b</math> de ladrillos T-1 con 90% de relave.</i>	97
Tabla 56	<i>Resultados de <math>f_b</math> de ladrillos T-2 con 70% de relave.</i>	97
Tabla 57	<i>Resultados de <math>f_b</math> de ladrillos T-3 con 50% de relave.</i>	98
Tabla 58	<i>Resultados de <math>f_b</math> de ladrillos King Kong solido artesanal.</i>	98
Tabla 59	<i>Prueba de Normalidad <math>f_b</math>.</i>	99
Tabla 60	<i>Prueba de homogeneidad de varianzas <math>f_b</math>.</i>	99
Tabla 61	<i>Análisis de la varianza <math>f_b</math>.</i>	100
Tabla 62	<i>Comparaciones <math>f_b</math> múltiples HSD de Tukey.</i>	100
Tabla 63	<i>Resultados de <math>f_m</math> de ladrillos con 90% de relave.</i>	102
Tabla 64	<i>Resultados de <math>f_m</math> de ladrillos con 70% de relave.</i>	102
Tabla 65	<i>Resultados de <math>f_m</math> de ladrillos con 50% de relave.</i>	102
Tabla 66	<i>Prueba de Normalidad <math>f_m</math>.</i>	103



Tabla 67	<i>Prueba de homogeneidad de varianzas <math>f_m</math></i> .....	103
Tabla 68	<i>Análisis de la varianza <math>f_m</math></i> .....	104
Tabla 69	<i>Comparaciones <math>f_m</math> múltiples HSD de Tukey</i> .....	104
Tabla 70	<i>Medias en subconjuntos homogéneos en <math>f_m</math>, HSD de Tukey</i> .....	105
Tabla 71	<i>Clasificación de la variación dimensional según norma</i> .....	106
Tabla 72	<i>Calculo del espesor de la junta de albañilería</i> .....	107
Tabla 73	<i>Clasificación según la variación dimensional y alabeo según RNE</i> .....	107
Tabla 74	<i>Resumen de resultados de absorción y coeficiente de saturación</i> .....	107
Tabla 75	<i>Resultados de la media o promedio de resistencia a compresión <math>f_b</math></i> .....	108
Tabla 76	<i>Medias en subconjuntos homogéneos en <math>f_b</math>, HSD de Tukey</i> .....	108
Tabla 77	<i>Clasificación de los ladrillos según su resistencia a compresión</i> .....	109
Tabla 78	<i>Resultados promedio de resistencia a compresión en prismas <math>f_m</math></i> .....	110
Tabla 79	<i>Medias en subconjuntos homogéneos en <math>f_m</math>, HSD de Tukey</i> .....	110
Tabla 80	<i>Resistencia característica de la albañilería</i> .....	111
Tabla 81	<i>Distancia en Km. con respecto a la ubicación de los relaves mineros</i> .....	112
Tabla 82	<i>Volúmenes de las pozas de relave minero</i> .....	114
Tabla 83	<i>Precios unitarios de extracción materia prima</i> .....	115
Tabla 84	<i>Precio unitario de extracción materia prima dispuesto el relave minero</i> ...	116
Tabla 85	<i>Precios unitarios dosificación mezclado y amasado</i> .....	117
Tabla 86	<i>Precios unitarios moldeado de las unidades</i> .....	117
Tabla 87	<i>Precios unitarios secado y traslado a boca de horno</i> .....	118
Tabla 88	<i>Precio unitario calcinados de las unidades</i> .....	118
Tabla 89	<i>Costo de producción por millar de las ladrilleras</i> .....	119
Tabla 90	<i>Costo de producción por millar con disposición de relave minero</i> .....	120
Tabla 91	<i>Precio unitario transporte al punto de venta</i> .....	121
Tabla 92	<i>Utilidades de una posible fábrica artesanal en los relaves</i> .....	122
Tabla 93	<i>Cuadro de comparación con ladrillo existente</i> .....	124
Tabla 94	<i>Resultados del parámetro resistencia a la compresión <math>f_b</math></i> .....	125
Tabla 95	<i>Costos de producción en nuevos soles de 1 millar de ladrillos</i> .....	126



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANOVA	:Analysis Of Variance.
ASTM	:American Society for Testing and Materials.
CECOMSAP	:Central de Cooperativas Mineras San Antonio de Poto.
Chute	:Tolva que tiene la finalidad de almacenar el mineral de grava aurifera.
EPIC	:Escuela Profesional de Ingenieria Civil.
$f^b$	:Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
$f^m$	:Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
FONAM	:Fondo Nacional del Ambiente.
GEOCATMIN	:Sistema de Informacion Geologico y Catastro Minero.
INGEMMET	:Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
NTP	:Norma Tecnica peruana.
RNE	:Reglamento Nacional de Edificaciones.
S	:Desviacion Estandar.
UTM	:Universal Transversal de Mercator.
W	:Peso.
$W_b$	:Peso del espécimen saturado, despues de la sumerción en agua caliente.
$W_d$	:Peso seco del Espécimen.
WGS' 84	:Sistema Geodésico Mundial 1984.
$W_s$	:Peso del espécimen saturado, después de la sumerción.



## RESUMEN

La presente investigación, está orientada al aprovechamiento de los relaves mineros del sector Chaquiminas en el distrito de Ananea, mediante la fabricación de unidades de albañilería y con ello aportar a la mitigación ambiental, estos relaves son los sedimentos finos limo arcillosos producto del lavado de la tierra aurífera y se depositan en pozas de lodo para su secado natural sin la intervención de algún material peligroso, por lo que es posible su manipulación sin peligro, se fabricaron 3 ladrillos artesanales con 90%, 70% y 50% de contenido de relave, denominados T-1, T-2 y T-3 respectivamente y en cantidades de acuerdo al requerimiento indicado por las NTP 399.605 y 399.613, durante el proceso se realizaron los ensayos para la determinación del peso, tamaño, alabeo, absorción y eflorescencia que determinan las propiedades físicas y los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia en pilas para determinar las propiedades mecánicas, dando como resultado que los ladrillos T-2, difiere considerablemente con respecto a los ladrillos T-1 y T-3 y que estos, son similares estadísticamente, de los resultados obtenidos se concluyó que las unidades de la albañilería fabricados artesanalmente con 70% de relave T-2, cumplieron con respecto a la aceptación en las unidades según el RNE. E-070, dando como resultado  $f^b = 60.62 \text{ Kg/cm}^2$  y clasificándolo como ladrillo clase I, por lo cual el ladrillo con 70% de relave T-2, si es posible su utilización en la construcción de edificaciones o viviendas de exigencias mínimas a moderado, mientras tanto los ladrillos T-1 y T-3, por tener bajos resultados en  $f^b$ , no están dentro de los parámetros clasificatorios según el RNE E-070, sin embargo los ladrillos fabricados con relaves mineros superan significativamente con los ladrillos artesanales que se encuentra en el mercado actual.

**Palabras Clave:** Relaves mineros, Unidades de albañilería, mitigación ambiental.



## ABSTRACT

The present investigation is oriented to the exploitation of the mining tailings of the Chaquiminas sector in the Ananea district, through the manufacture of masonry units and thereby provide environmental mitigation, these tailings are the fine silt-clay sediments resulting from the washing of the gold soil and deposited in mud pits for natural drying without the intervention of any dangerous material, making it possible to intervene safely, 3 artisan bricks were manufactured with 90%, 70% and 50% tailings content, denominated T-1, T-2 and T-3 respectively and in amounts according to the requirement indicated by NTP 399.605 and 399.613, during the process the tests were carried out to determine the weight, size, warpage, absorption and efflorescence that determine physical properties and tests for compressive strength and pile strength to determine mechanical properties, resulting in The T-2 bricks differ significantly with respect to the T-1 and T-3 bricks and that these are statistically similar, from the affected results it was concluded that the masonry units manufactured by hand with 70% T-tailings 2, complied with respect to acceptance in the units according to the RNE. E-070, giving as a result  $f'b = 60.62 \text{ Kg / cm}^2$  and classifying it as class I brick, for which the brick with 70% of T-2 tailings, if possible its use in the construction of buildings or houses of demands minimum to moderate, meanwhile the T-1 and T-3 bricks, due to their low results in  $f'b$ , are not within the classification parameters according to RNE E-070, however, bricks manufactured with mining tailings overcome risks with the artisan bricks found in the current market.

**Key Words:** Mining tailings, masonry units, environmental mitigation.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Existen casos a nivel internacional de ruptura de diques de presas de relaves que además de arrasan con pueblos y de cobrar vidas humanas, causan serios daños a la contaminación del agua y degradación del suelo, como es el caso de la mina Germano-Mariana ocurrido el 5 de noviembre de 2015 en Brasil.

En el Perú siendo un país minero y según la Autoridad Nacional del Agua, (ANA, 2017), “Un total de 21 ríos están contaminados por residuos sólidos, aguas residuales, relaves de minas, por pasivos industriales, mineros y poblacionales”, esto causa los constates conflictos sociales y denuncias de pobladores de comunidades cercanas a las minas que tienen sus actividades cercanas a estas poblaciones, como lo ocurrido en el distrito de Ocuvi en dónde. “Los pobladores del distrito de Ocuvi demandan el cumplimiento de compromisos por parte de la empresa minera Arasi S.A.C. y la contaminación de las aguas del río Challapalca con relaves mineros, lo que habría provocado la muerte de truchas.” (MINEM., 2011, pág. 11).

Uno de los agentes de contaminación ambiental en la región Puno, es por la consecuencia de la actividad minera y viene afectando recursos naturales vitales como el agua, siendo el río Ramis el más contaminado por los relaves mineros de las minas del sector Chaquiminas y demás minas comprendidas en la cuenca Ramis, también, según. (INGEMMET, 2008) “El Ramis es el río más importante de los que desembocan en el Titicaca puesto que representa casi la cuarta parte de su cuenca (26%), extendiéndose desde 5,828 m (nevado Ananea) hasta 3,815 msnm.” (pág. 6), y teniendo a uno de los



contaminantes son las partículas finas en suspensión que deja a las aguas del río turbias y de color oscuro que deteriora la calidad de las aguas del río.

Una de las causas de la presencia de partículas finas en el río Ramis, se debe a la mala manipulación de las pozas de lodos que genera las minas con sus actividades extractivas, estos lodos contienen metales pesados nocivos para la salud en general y en algunos casos minas informales vierten estos lodos de manera inconsciente e irresponsable al río Ramis, sin algún tratamiento previo.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. Problema General.**

¿Los ladrillos fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, cumplirán con las propiedades requeridas para la albañilería, ¿de manera que su uso sea posible en la construcción de viviendas?

### **1.2.2. Problema Específico.**

- ¿Cómo influye la adición de relaves mineros en sus propiedades físicas de los ladrillos fabricados artesanalmente, del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina?
- ¿Cómo influye la adición de relaves mineros en sus propiedades mecánicas de los ladrillos fabricados artesanalmente las, sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina?



### **1.3. HIPÓTESIS.**

#### **1.3.1. Hipótesis General.**

Los ladrillos fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, cumplen con las propiedades requeridas para la albañilería, de manera que su uso es posible en la construcción de viviendas.

#### **1.3.2. Hipótesis Específicos.**

- La adición de relaves mineros influye en sus propiedades físicas de los ladrillos fabricados artesanalmente, del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.
- La adición de relaves mineros influye en sus propiedades mecánicas de los ladrillos fabricados artesanalmente las, sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**

En la actualidad las pozas de lodo de relave mineros en el sector de Chaquiminas, son administradas por la minera a la cual pertenece y cada vez aumenta el número de estas por lo que son las minera quienes tienen la responsabilidad de mitigarlos para evitar la contaminación debido a estas pozas de lodo, también es más evidente el aumento del abandono de las pozas de lodos por las minas informales dejando así un peligro constante de contaminación al río Ramis, en cuanto a estas pozas de lodo en abandono la (LEY N° 28271), define a estas pozas de lodo en abandono, como Pasivos Ambientales Mineros y define a; “aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que



constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”,

Los lodos tienen propiedades plásticas propias de los suelos de los arcillosos, la cual se presenta apropiado como uso de materia prima para la fabricación de unidades de albañilería, ya que según (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 93) “La materia prima básica para los ladrillos son arcillas, compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes”.

Para eso esta investigación propone una alternativa para la solución en la mitigación de los lodos de relave, en la cual estos lodos sería utilizándolo como materia prima para la elaboración de unidades de albañilería, esta alternativa de solución para la mitigación ambiental está justificada y consentida por el Estado, en cuanto al uso y reusó de relaves mineros en el Reglamento de la ley (LEY N° 28271) con el Decreto Supremo 059-2005-EM, donde regula la denominada “remediación voluntaria” de pasivos ambientales mineros, esto se aplicaría para el caso de esta investigación en el uso de las pozas de lodo abandonadas y para el caso de pozas de lodo en uso actual esto se aplicaría directamente por parte de las mineras. Siendo esto la investigación se realiza con la pretensión de ampliar las ideas y el modo de pensamiento en el tratamiento de los relaves mineros, que en la actualidad no hay una adecuado y eficiente tratamiento de relaves mineros y además ser replicado por otras investigaciones orientadas a la reutilización de los relaves mineros y que estas no causen perjuicios al medio ambiente.

Los ladrillos fabricados con relaves mineros pueden ser utilizados como una alternativa de material de construcción en el la región y el en país, ya que actualmente en el Perú existe una demanda de ladrillos en la construcción pese a la desaceleración en la construcción, según el presidente de la asociación ladrillera de cerámicos de Peru



(Alacep), Nilo Mendoza estimo que este año la industria ladrillera podía crecer entre un 2% y 3% impulsada principalmente por la autoconstrucción, lo que conlleva a proponer alternativas como la fabricación de ladrillos, para cubrir la demanda como lo propone esta investigación y además de reducir los niveles de contaminación de los relaves mineros de las actividades mineras.

Además de darle un valor agregado a los relaves mineros y convertirlos en materia prima y no ser denominados así como un agente contaminante, tendríamos también una actividad económica en la región en la industria ladrillera ya sea formal o informal, ambos coexisten en el Perú y ambos también depredan suelos y en algunos casos suelos cultivables que utilizan como materias primas para esta industria, lo que tendríamos con el ladrillo con relaves mineros, es minimizar la degradación y el consumo de suelos que genera la industria ladrillera en el Perú ya que estos suelos sería reemplazado por los relaves mineros, asimismo, las empresas mineras tendrían un ahorro en costos que se genera al mitigar sus relaves mineros.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Determinar las propiedades requeridas para la albañilería de los ladrillos fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, de manera que su uso es posible en la construcción de viviendas.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Evaluar las propiedades físicas según la norma E-070, de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.



- Evaluar las propiedades mecánicas según la norma E-070, de las unidades de albañilería, fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

(Castillo Eustaquio & Viera de Jesús, 2016), en su tesis de pregrado cuyo objetivo fue: Evaluar la influencia de la relación volumétrica de arena y confitillo para la elaboración de ladrillos de concreto para muros con carga viva, que mejore su resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo, con la metodología: donde se aplicó el diseño experimental, tipo unifactorial donde las variables en estudio y la matriz de diseño en donde se realizó un diseño experimental en el cual se varió la relación volumétrica de agregados arena: confitillo, donde se tuvo como variables independientes de estudio las relaciones 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5; teniéndose como variables respuesta a la Resistencia a la Compresión medida en Kg/cm<sup>2</sup>, la Absorción y la Variación Dimensional en porcentaje (%), y el Alabeo en mm. Llegando a los resultados en la cual Donde se puede afirmar que, conforme se aumenta la relación volumétrica arena: confitillo, aumenta la resistencia a la compresión y en cuanto a la absorción disminuye la absorción; llegando a una absorción mínima de 1.637% en la relación 2.5. Cuya conclusión que: la relación volumétrica arena: confitillo idóneo para fabricar ladrillos de concreto es 2.5 puesto que con esta dosificación se alcanza un alto valor de resistencia, la absorción de agua es baja, posee baja variación dimensional y bajo alabeo.

(A. Romero & L. Flores, 2010), cuyo objetivo fue: Establecer una metodología del procedimiento experimental para la elaboración de los agregados de construcción, el cual constituirá la materia prima para la fabricación de ladrillos y baldosas, teniendo como materia prima al relave. Utilizando la metodología donde el estudio involucra el estudio del reuso del relave como un agregado de construcción para fabricar ladrillos y baldosas,



así como la determinación de una metodología de trabajo que permita el establecimiento de técnicas estándares de la fabricación de ladrillos y baldosas. Como resultados se obtuvo que el estudio se centran en la presentación de la Metodología Experimental del Procedimiento para la obtención de agregados de construcción a partir de relaves mineros polimetálicos y el Procedimiento para la fabricación de ladrillos la cual se procede en la preparación de mezcla coloidal con relave, exponer a secado la mezcla coloidal cal, agua y cemento y luego en el pesado y envasado del agregado en bolsas de 70 kg, de la misma forma para las baldosas a partir del agregado de construcción, disponer de relave encapsulado o agregado de construcción preparar la mezcla homogénea con una proporción óptima: gruesos de agregado de construcción: 14-70%, finos de agregado de construcción: 10-22%, cemento: 40-70%, cal: 1-10% y con el agua agregar hasta formar la mezcla y luego secarlo en moldes y curarlo. Llegó a la conclusión que: Respecto de la calidad del agregado de construcción, mediante diversas pruebas de toxicología y aplicando la metodología 3111-EPA, 3113-EPA y 3114-EPA, se estableció que el producto final, que es el agregado de construcción obtenido a partir de los relaves mineros polimetálicos, no es contaminante.

(Quispe Amudio, 2016), en su tesis de pregrado cuyo objetivo fue: Determinar si las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera de Cunyac y Cemento Portland tipo IP desarrollan propiedades físico mecánicas que permiten su utilización como un material de construcción alternativo en la Ciudad del Cusco. Como metodología se empleó el método científico, porque se debe llegar a una conclusión a partir de una idea Hipotética – Deductiva, entonces se han planteado lo siguiente: Las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera de Cunyac, y cemento portland tipo IP desarrollan propiedades físicas y mecánicas que permiten su utilización como un material



de construcción alternativo en la ciudad del Cusco. Llegó a la conclusión que: la clasificación, características y uso de las unidades de albañilería de residuos sólidos, donde se observa que se encuentra dentro de la clasificación tipo III, la cual corresponde a unidades de albañilería de resistencia y durabilidad medias y que son aptas para construcciones de albañilería de uso general.

(Catacora Cahuana, 2015), en su tesis de pregrado cuyo objetivo fue: Evaluar los impactos de emisión ambiente del aire y agua generados en la cooperativa Señor de Ananea. – Puno, llegó a la conclusión que En la evaluación de los problemas de contaminación presentes en la zona del proyecto se determina lo siguiente: Se produce emisión de partículas de polvo por la circulación de vehículos, se pierde la capacidad de uso de los suelos, los componentes ambientales más sensibles son: el aire el agua y el suelo, la flora y fauna presentan impactos negativos de tipo medio a alto mitigable, el medio socioeconómico presenta impactos beneficiosos positivos, estructurar un sistema o procedimiento para la toma de decisiones sobre el manejo de la micro cuenca, con la creación de espacios de concertación y participación de representantes locales, de acuerdo a los roles, funciones y atribuciones legales de instituciones y actores locales, generar compromisos formales para la aplicación y adopción de la evaluación del impacto ambiental para la toma de decisiones en el manejo de la cuenca, e institucionalizar el plan mediante la emisión de ordenanzas para evitar las contradicciones.

## **2.2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.2.1. Las Arcillas como Materia Prima.**

Las arcillas empleadas como materia prima para la fabricación de los ladrillos se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen un 15% de carbonato de calcio, que da lugar a unidades de color amarillento; en las segundas, predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, que le



proporciona un tono rojizo. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla. (San Bartolome, 1994, pág. 106).

La materia prima básica son arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes. En general, las arcillas pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica, como calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio y producen ladrillos de color amarillento. Las segundas están compuestas de silicato de alúmina, tienen de 2 a 10% de óxidos de hierro y feldespatos y queman a un color rojo o salmón, dependiendo del contenido de óxido de hierro. (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 93).

Las arcillas se presentan en la naturaleza en forma pura, directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales eólicos y están mezcladas en cantidades apreciables de arena y limo, en general las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las impuras con alrededor del 33% de arenas y limos, pues estos reducen las contracciones y agrietamientos en el momento del secado y la quema. (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 93)

En todo caso, con el propósito de ser adecuadas para la fabricación de ladrillos, las arcillas deben ser plásticas al mesclar con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado de las extrusoras. Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del formado y ser capaces de unirse cuando se calienta a temperaturas elevadas. Finalmente, el producto terminado no debe mostrar agrietamiento. (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 93)



Las arcillas superficiales satisfacen las condiciones anteriores y son las más fáciles de explotar, porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto, son las más empleadas; por otro lado dado que están más expuestas a la contaminación con sales por razones naturales y por el empleo agrícola del suelo, ellas producen las unidades más vulnerables a la eflorescencia. (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 93).

### **2.2.2. El Ladrillo como Unidades de Arcilla.**

Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos. Se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos. También se produce, aunque en menor proporción, bloques de cerámica. (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 92).

Se fabrican ladrillos de arcilla sólidos, perforados y tubulares; los bloques cuando se fabrican, son huecos. El formato de las unidades de arcilla se realiza por todos los métodos de moldeo, con la asistencia de presión (no es posible fabricar unidades de arcilla por moldeo asistido por vibración), y por extrusión. En consecuencia, la gama de productos, su calidad y su variabilidad son prácticamente ilimitadas. El color de las unidades de arcilla va normalmente del amarillo al rojo. (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 92).

La textura de las unidades de arcilla es lisa cuando ha sido moldeada en contacto con moldes metálicos, y rugosa cuando el moldeo se realiza en moldes de madera arenados; es lisa en las caras formadas por el dado en el proceso de extrusión, y rugosa en las caras cortadas por el alambre en el proceso de extrusión, (Gallegos & Casabonne, 2005, pág. 92).



### 2.2.3. Unidades de Albañilería.

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, éstas son denominadas Ladrillos y Bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos, (San Bartolome, 1994, pág. 105)

Según (San Bartolome, 1994) “a nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que éstos tengan; de la siguiente manera:” (pág. 105).

a) Unidades Sólidas o Macizas. Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta. Sin embargo, los experimentos indican que es posible emplear unidades hasta con 33% de vacíos, más allá del cual su comportamiento se torna muy frágil. Estas unidades se emplean para la construcción de muros portantes. (San Bartolome, 1994, pág. 105)

b) Unidades Huecas. Son aquellas donde el área neta (en la cara de asiento) es menor al 75% del área bruta. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones. (San Bartolome, 1994, pág. 105).

c) Unidades Tubulares. Son las que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento; en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques. (San Bartolome, 1994, pág. 105)



#### **2.2.4. El Ladrillo: Unidades de Albañilería (Rne, E-070).**

##### **Características Generales.**

- a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- b) Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días. Ladrilleras Artesanales. (Norma Técnica E.070, 2006).

##### **Clasificación para fines estructurales**

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1. (Norma Técnica E.070, 2006).

Tabla 1  
*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque P (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes  
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: RNE, E-070.

Según la (NTP 331.017, 1978), “el ladrillo se clasificará en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades”.

**Tipo I.-** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas,  $50 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_b < 70 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Tipo II.-** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas,  $70 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_b < 95 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Tipo III.-** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general,  $95 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_b < 130 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Tipo IV.-** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas,  $130 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_b < 180 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Tipo V.-** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas,  $180 \text{ Kg/cm}^2 \leq f'_{cb}$ .

### Limitaciones en su aplicación.

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

Tabla 2

*Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.*

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: RNE, E-070.

### Ensayos

- a) **Muestreo.** - El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.



- b) Resistencia a la compresión.** - Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_{b}$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.
- c) Variación dimensional.** - Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- d) Alabeo.** - Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.
- e) Absorción.** - Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613. (Norma Técnica E.070, 2006).

#### **Aceptación de la unidad.**

- a)** Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b)** La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.



- c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. (Norma Técnica E.070).

#### **2.2.5. Morteros (RNE, E-070).**

##### **Definición.**

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (Norma Técnica E.070, 2006).

##### **Componentes**

- a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:



- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
  - Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
  - Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.
- b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en los planos. (Norma Técnica E.070, 2006).

Tabla 3  
*Granulometría de la arena gruesa.*

MALLA	ASTM	% QUE PASA
N° 4	(4,75 mm)	100
N° 8	(2,36 mm)	95 a 100
N° 16	(1,18 mm)	70 a 100
N° 30	(0,60 mm)	40 a 75
N° 50	(0,30 mm)	10 a 35
N° 100	(0,15 mm)	2 a 15
N° 200	(0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: RNE, E-070.

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será:  $\leq$  1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

- c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

## 2.2.6. Resistencia de Prismas de Albañilería (RNE, E-070).

### Especificaciones generales.

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'_m$ ) y a corte ( $v'_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 4. (Norma Técnica E.070, 2006).

Tabla 4  
*Método para determinar  $f'_m$  y  $v'_m$ .*

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
( $f'_m$ )	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v'_m$ )	A	A	A	A	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.

Fuente: RNE, E-070.

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería ( $f'_m$ ) y ( $v'_m$ ) deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:



- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.
- b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada. (Norma Técnica E.070, 2006).

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva. (Norma Técnica E.070, 2006).

Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos. (Norma Técnica E.070, 2006).

Los prismas tendrán un refrenado de cemento - yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá

incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 5. (Norma Técnica E.070, 2006).

Tabla 5  
*Incremento de  $f'_m$  y  $v'_m$  por edad.*

Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: RNE, E-070.

En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 6, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero.

Tabla 6  
*Resistencias características de la albañilería Mpa ( $Kg/cm^2$ ).*

Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f'_b$	PILAS $f'_m$	MURETES $v'_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor  $f$  se proporciona sobre área bruta en unidades  $kg/cm^2$  (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f = 13,72 MPa$  ( $140 kg/cm^2$ ).

Fuente: RNE, E-070.

### 2.2.7. Relaves Mineros en el Perú.

Corresponde al residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados



en el proceso de flotación. Este residuo, también conocido como cola, es transportado mediante canaletas o cañerías hasta lugares especialmente habilitados o tranques, donde el agua es recuperada o evaporada para quedar dispuesto finalmente como un depósito estratificado de materiales finos, (INGEMMET, 2008).

#### **2.2.8. Fases de la Extracción del Mineral.**

- **Extracción**

Según (Huisa Cabrera, 2017). La morrena se extrae mediante arranque o excavación empleando una excavadora hidráulica luego es transportado hacia las tolvas gravimétricas para su disgregación de sus partículas.

- **Procesamiento**

La Morrena con el uso del sistema de monitores se disgrega sus partículas y se tiene una densidad de pulpa muy variable y con alto contenido de arcillas. En estas condiciones la recuperación de oro en las canaletas solo alcanza el 50% del oro presente, que puede ser significativamente menor en lugares donde predominan las arcillas y el oro fino, (Huisa Cabrera, 2017).

- **Refinación o acabado del producto**

Se practica mediante amalgamación seguida de refogado para eliminar el mercurio de la amalgama, la eliminación del mercurio mediante refogado (volatilización) es una práctica muy común en la zona Ananea como en el resto de los asentamientos de mineros artesanales, (Huisa Cabrera, 2017).



- **Disposición de los residuos sólidos**

(Huisa Cabrera, 2017), En el caso de extracción por método de chutes los relaves gruesos e intermedios son transportados hacia los botaderos para su almacenamiento en forma de bancos en gradiente.

- **Disposición de los residuos finos**

El tratamiento de residuos finos se depositan en pozas de sedimentación, en donde por medio de la decantación el agua es recuperado para luego ser utilizado de nuevo para el lavado de la tierra aurífera, estas pozas posteriormente después de secado natural son encapsulados con residuos más gruesos producto de la misma actividad minera, el encapsulamiento de las pozas de lodos evitan el hundimiento de maquinarias por ser un suelo inestable y ala ves evita el desborde de estos residuos finos a los afluentes por precipitaciones pluviales en la mina, (Huisa Cabrera, 2017).

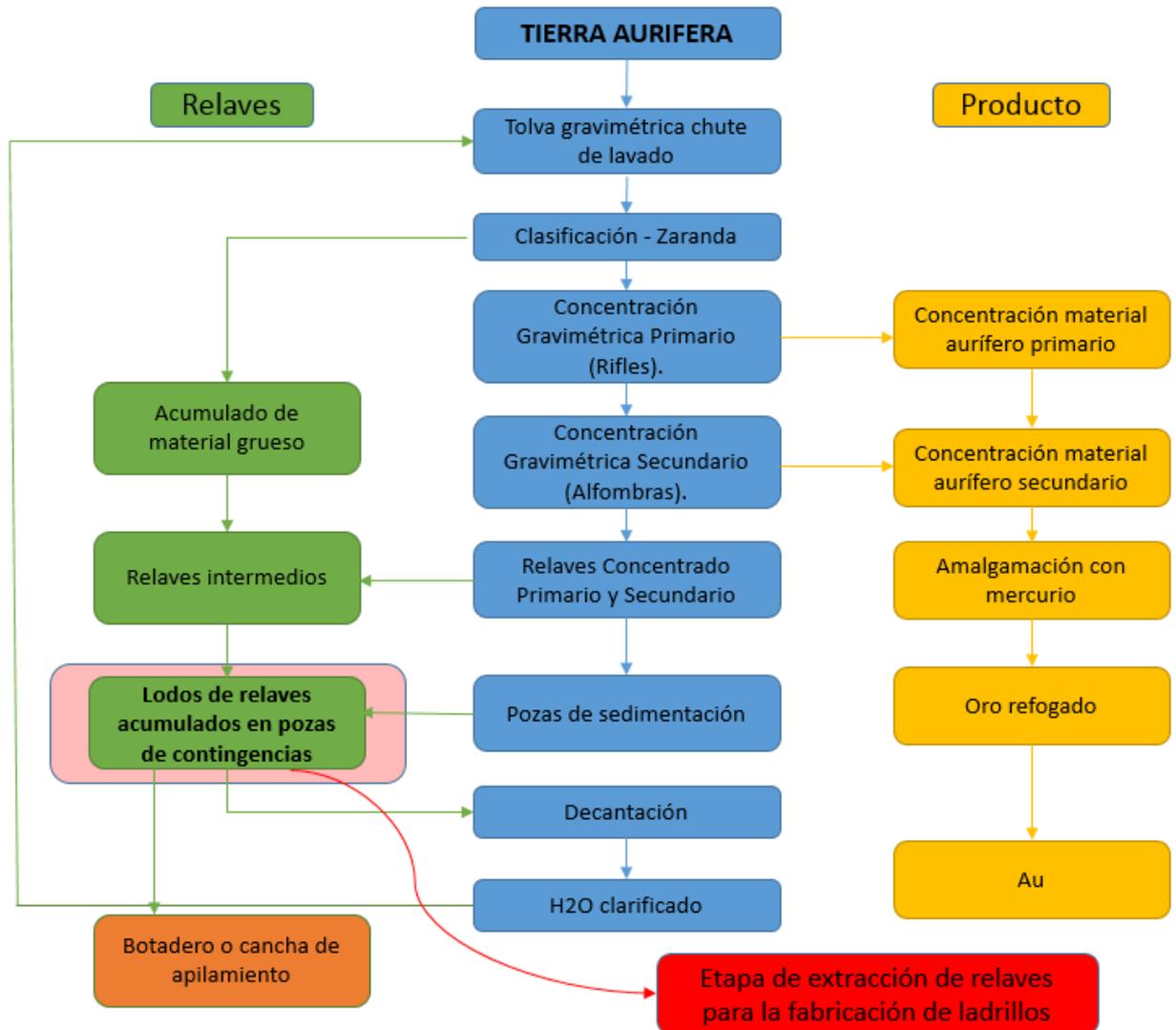


Figura 1. Diagrama de fases de explotación minera.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 2.2.9. Chute.

Chute llamado también Shute en una instalación minera, consiste en parantes y un tabladillo alfombrado de forma trapezoidal que tiene una determinada pendiente que sirve para el lavado de oro, desde el punto de vista técnico, este sería conocido como planta de concentración gravimétrica mediante lavado de presión de agua. Partes de chute tolva, parrilla o zaranda, caja de tabulación, canalones. (Quispe Aguilar, 2010).



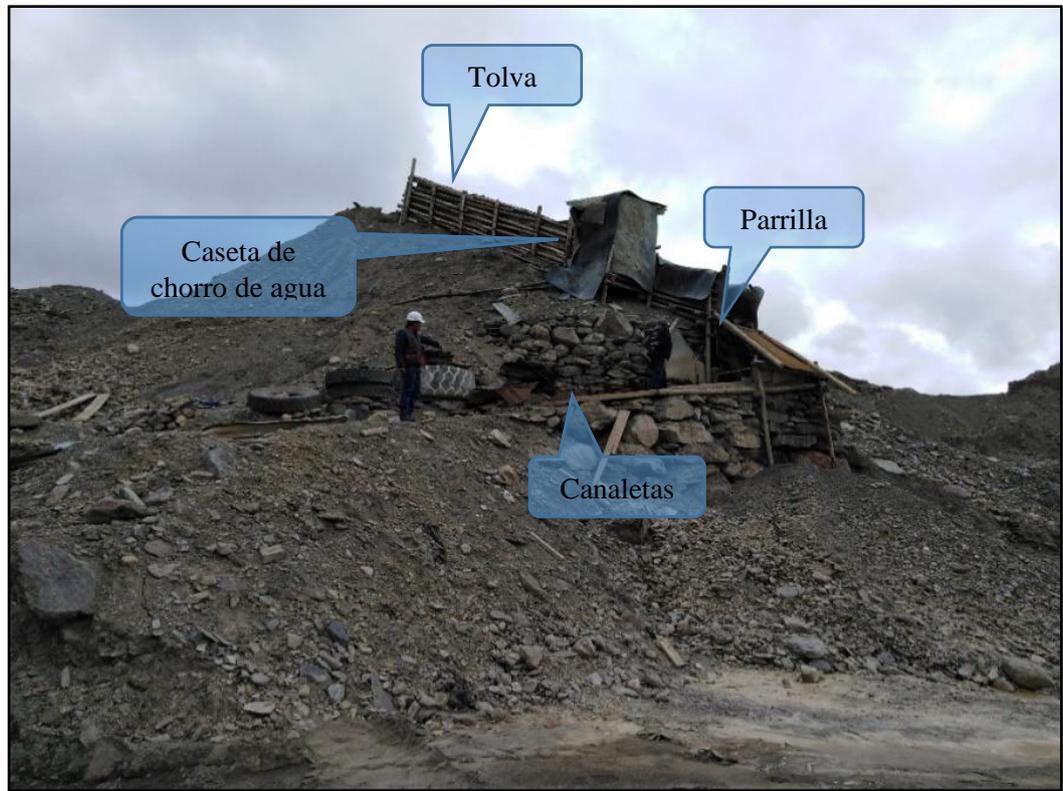
En la empresa CECOMIP Ltda. Lo llaman chute, en las minerías más lo llaman con el nombre chute es una instalación artesanal para los mineros que consiste en parantes en forma trapezoide se construye principalmente en tierra elevados y acumulados que sirve para el lavado de la tierra aurífera, lo construyen en estos lugares, pampa blanca, pampilla, oriental, un tucú, frontera con Bolivia, alrededor de la ciudad de Ananea. (Pinto Soncco, 2016, pág. 15).

Tiene cinco partes súper importantes que son:

- Tolva es donde se deposita tierra aurífera con oro.
- Parilla o zaranda consiste en clasificar las piedras y arenilla con oro.
- Caja de turbulencia donde hay se detiene las arenillas negras con oro mediante chorros de agua.
- Canalones con rifles Es por ahí que pasa el agua con arenilla que el los rifles se detiene el oro granulado con arenilla negra fina.
- Alfombra son alfombras de diferentes longitudes, para que concentre las arenillas negras que tienen con oro pequeño y diminuto. (Pinto Soncco, 2016, pág. 15).

El Chute es una tolva que tiene la finalidad de almacenar el mineral de grava aurífera, una capacidad de 10 m<sup>3</sup> en donde se realizara el lavado del mineral, con el objetivo de separar la mena y la ganga a través de chorros de agua a presión que serán bombeadas utilizando motobomba centrifuga de 4"x4", al final de la tolva estará instalada una parrilla de 1/2", para la ,separación de gruesos y finos, los

gruesos serán mayores a 1/2" y los finos menores a 1/2", los cuales ingresaran a las canaletas que contarán con “riflerías” y alfombras para la recuperación del concentrado. (Catacora Cahuana, 2015, pág. 40).



*Figura 2.* Imagen de un Chute.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

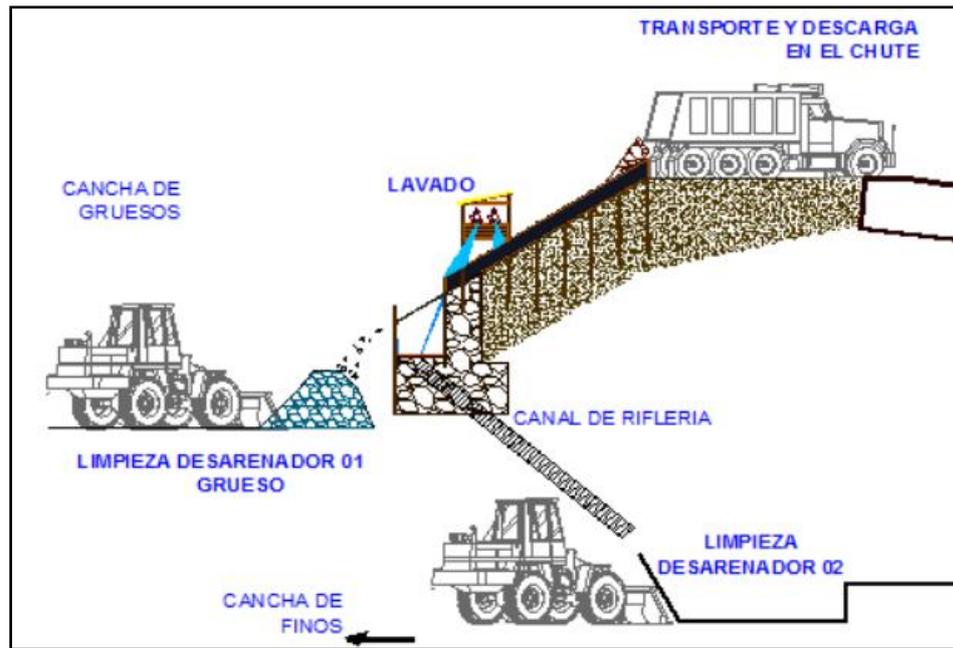


Figura 3. Esquema del proceso de lavado del material mediante Chutes.  
Fuente: CECOMSAP.



Figura 4. Extracción de las alfombras donde se retiene el oro.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 5. Vista de la poza de sedimentación de lodos después del lavado.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 2.2.10. Procedimiento para la fabricación de Ladrillos.

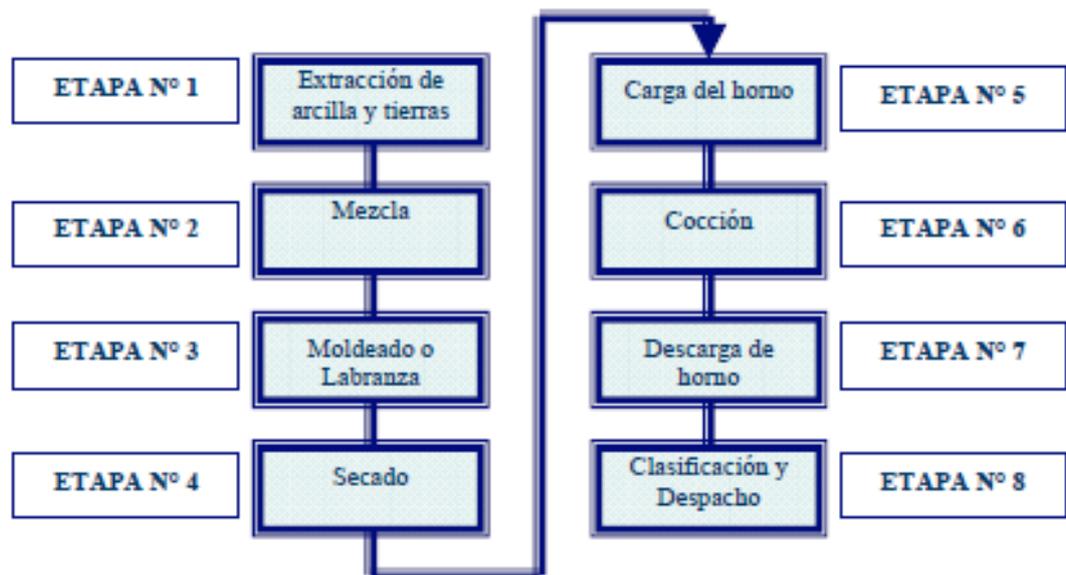


Figura 6. Diagrama de Flujo general para la actividad ladrillera.  
Fuente: (Ministerio de la Producción).

#### Extracción de arcilla y tierras

La extracción de arcilla y tierra arenosa se puede realizar en lugares alejados de la zona de producción o en la misma zona de producción. El procedimiento de extracción para los ladrilleros artesanales es por excavación manual de canteras con



y sin denuncia. La mediana y gran industria ladrillera (de 500 a mil millares por mes) extrae el material de canteras con denuncia minero utilizando equipo pesado de remoción de tierras. El material tal como es extraído se carga en camiones y se transporta a la zona donde están los hornos de cocción. (Ministerio de la Producción, 2010, pág. 3).

### **Mezclado a Mano**

La mezcla a mano se realiza al final del día luego de concluir las labores de labranza. Con ayuda de una pala o lampa se prepara en las fosas de mezclado, una premezcla de arcilla y arena humedecidas amasando con manos y pies hasta que desaparezcan los terrones más grandes de arcilla. Algunos artesanos añaden otros agregados que pueden ser aserrín, cáscara de arroz o de café, cenizas. Se deja reposar esta masa hasta el día siguiente para que los terrones más pequeños se deshagan, la mezcla se vuelva consistente y adquiera la textura requerida para el moldeo o labranza. Las impurezas de la arcilla y tierra como raíces de plantas, restos de arbustos y piedras son separadas manualmente. Algunas pocas veces se hace pasar la arena por un tamiz para eliminar impurezas u obtener un grano más homogéneo. La materia prima no se selecciona ni es sometida a molienda para control granulométrico. La formulación y características finales de la mezcla son definidas en base a su consistencia según la experiencia, necesidades o disponibilidad de materiales de cada artesano, (Ministerio de la Producción, 2010, pág. 3).



## **Moldeo**

### **a) Manual.**

Se utilizan moldes metálicos o de madera. Los moldes no tienen tamaños estandarizados, difieren de un artesano a otro y de una región a otra. Generalmente utilizan arena muy fina (cenicero) como desmoldante para facilitar el retiro de la mezcla del molde. (Ministerio de la Producción, 2010, pág. 4)

### **b) Mecánico**

El moldeo mecánico permite incrementar la densidad del ladrillo y por tanto su resistencia. Se emplean desde prensas de moldeo accionadas manualmente capaces de producir 60 ladrillos por hora con moldes individuales, hasta extrusoras industriales que pueden producir más de un millar por hora. El punto intermedio está representado por pequeñas máquinas extrusoras manuales que pueden producir entre 120 y 400 ladrillos por hora. Estas máquinas también pueden producir ladrillos tipo pandereta y techo sólo con un cambio de molde. (Ministerio de la Producción, 2010, pág. 6).

La extrusora es una máquina accionada eléctricamente o por motor a diésel o gasolina, que se compone de cuatro partes principales:

- Manivela y mecanismo de empuje;
- Tanque para llenado de la mezcla;
- Molde extrusor que es intercambiable según el tipo de ladrillo a fabricar;
- Mesa de corte de ladrillos.



## Secado

Los ladrillos crudos recién moldeados se depositan en canchas de secado o tendales, que son espacios de terreno plano habilitados para este fin generalmente lo más cerca posible a la zona de moldeo.

Los ladrillos se secan aprovechando la acción natural del sol y el viento. Cuando llueve y no están bajo sombra, se cubren con mantas de plástico para protegerlos, aunque esto no siempre evita que se dañen por lo que es más recomendable construir cobertizos techados para el secado.

El secado se realiza hasta que el ladrillo crudo pierde aproximadamente un 13% de humedad y queda listo para ser cargado al horno; el período de secado depende del clima y puede variar entre cinco a siete días en promedio. A partir del tercer o cuarto día se van girando las caras expuestas para un secado parejo, raspando en cada giro las partes que estaban en contacto con el suelo a fin de desprender la tierra o polvo que podrían haber capturado. En la etapa final del secado, se van colocando los ladrillos de canto uno encima de otro formando pequeñas torres de un ladrillo por lado y de aproximadamente 1m a 1,20m de alto, (Ministerio de la Producción, 2010, pág. 7)

En la *Figura 7*, se muestra, esquemáticamente, la secuencia del proceso de fabricación de las unidades de arcilla.

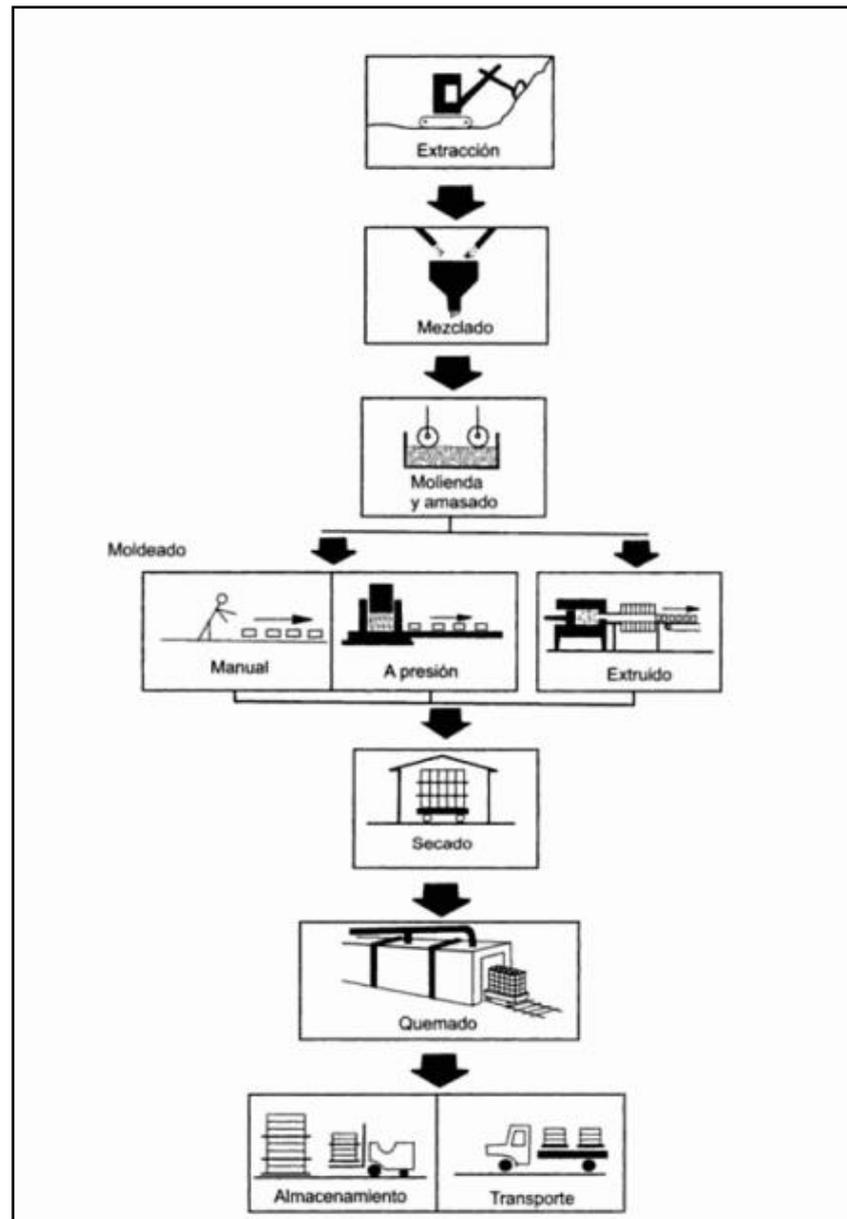


Figura 7. Esquema del Proceso de fabricación de Ladrillos.  
Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005).

Aspectos importantes del proceso de fabricación son los siguientes:

- a) Cuando las unidades van a ser moldeadas a presión elevada se añade una entidad muy reducida de agua, usualmente no más de 10% en peso, para producir una consistencia necesaria debe ser más plástica, y se añade alrededor de 12 a 15% en peso de agua. La consecuencia es que la misma arcilla, con el método de moldeo, producirá unidades con



- menos vacíos, como consecuencia, más resistentes que el método de extrusión.
- b) En todos los métodos de formación debe tenerse en cuenta el hecho de que las unidades, al secarse, se contraerán (entre 4 y 16% en volumen). Consecuentemente, las unidades crudas son hechas de un tamaño mayor, de modo tal que, después de secadas y quemadas, el producto final tenga el tamaño deseado. Dado es difícil evaluar de antemano la contracción de las arcillas, este solo hecho explica las variabilidades dimensionales mayores que se encuentran en las unidades de arcilla, comparadas con las unidades hechas de concreto o sílice-cal.
- c) Las unidades recién prensadas o extruidas tienen exceso de agua, que deben ser removidas antes del quemado. Esta operación puede hacerse en hornos de secado a temperaturas de orden de 200°C o, tomando más tiempo, al aire libre. En esta etapa es importante evitar el secado rápido, pues causaría agrietamientos excesivos; en ella las unidades se contraerán entre 2 y 8% en volumen.
- d) El quemado es la etapa central del proceso de fabricación. Los hornos pueden ser artesanales o muy sofisticados, de producción continua. En el proceso de quemado del ladrillo pasa por varias etapas de deshidratación oxidación y, en algunos casos, vitrificación. La quema se efectuará a temperaturas entre 900 y 1300°C y dura entre dos y cinco días, dependiendo de las propiedades de la arcilla, el tipo de unidad y las especificaciones del producto terminado.



- e) Es necesario, finalmente, que las unidades sean enfriadas en un proceso de debe ser controlado, pues de ocurrir con rapidez causa el agrietamiento de las unidades. (Gallegos & Casabonne, 2005, págs. 94,95).

### **2.2.11. Análisis de Varianza.**

El análisis de varianza (ANOVA), se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales. El problema más sencillo de ANOVA se conoce como el análisis de varianza de un solo factor o diseño completamente al azar, éste se utiliza para comparar dos o más tratamientos, dado que sólo consideran dos fuentes de variabilidad, los tratamientos y el error aleatorio (Reyes Aguliar, 2013).

En estadística, el análisis de la varianza (ANOVA, ANalysis Of VAriance, según terminología inglesa) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas (Reyes Aguliar, 2013).

Las técnicas iniciales del análisis de varianza fueron desarrolladas por el estadístico y genetista R. A. Fisher en los años 1920 y 1930 y es algunas veces conocido como "Anova de Fisher" o "análisis de varianza de Fisher", debido al uso de la distribución F de Fisher como parte del contraste de hipótesis

El análisis de la varianza de un factor (ANOVA) es una metodología para analizar la variación entre muestras y la variación al interior de las mismas mediante la determinación de varianzas. Es llamado de una vía porque analiza un variable independiente o Factor ej: Velocidad. Como tal, es un método estadístico útil para



comparar dos o más medias poblacionales. El ANOVA de un criterio nos permite poner a prueba hipótesis tales como:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

$H_1$  : *Al menos dos medias poblacionales son diferentes*

Los supuestos en que se basa la prueba t de dos muestras que utiliza muestras independientes son:

1. Ambas poblaciones son normales.
2. Las varianzas poblacionales son iguales, esto es,

El estadístico tiene una distribución muestral resultando:

$$FC = \frac{S_b^2}{S_w^2}$$

El valor crítico para la prueba F es:

$$F_\alpha (k - 1, k(n - 1))$$

Donde el número de grados de libertad para el numerador es k-1 y para el denominador es k (n-1), siendo  $\alpha$  el nivel de significancia (Reyes Aguliar, 2013).

### **2.2.12. La Prueba Tukey.**

La prueba de Tukey es similar a una prueba t de Estudiante en cuanto a que se calcula una única diferencia crítica para realizar todas las comparaciones entre las medias; sin embargo es también similar a la prueba de Duncan y de Newman-



Keuls en cuanto a que el valor de esta diferencia crítica depende del número de comparaciones que se haga (Reyes Aguliar, 2013).

Una desventaja de la prueba de Tukey es que es la más inconsistente de entre las pruebas para realizar comparaciones múltiples. Esto significa que su veredicto cambiará de experimento a experimento aun cuando no cambien las diferencias entre tratamientos (Reyes Aguliar, 2013).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.

El presente estudio se realizó con relaves mineros que se ubican en la provincia de San Antonio de Putina, distrito de Ananea sector de Chaquiminas y coordenadas geográficas  $14^{\circ}37'57''S$   $69^{\circ}26'45''O$ , en cuanto a la fabricación artesanal de las unidades de albañilería estas se realizaron en el Centro poblado de Salcedo (Rinconada) y la fase experimental en la EPIC, UNA - PUNO.

Los relaves mineros son de la actual actividad de la minera Calizaya de la concesión minera AFC-14, del distrito de Ananea, en el sector de Chaquiminas con las siguientes coordenadas del polígono de concesión.

Tabla 7

*Coordenadas UTM, WGS' 84 de la cuadrícula de la concesión minera.*

Vértice	Norte	Este
1	8,378,515.68	438,501.36
2	8,378,498.36	439,101.17
3	8,378,248.46	439,093.83
4	8,378,266.07	438,494.07

Fuente: GEOCATMIN, INGEMMET.

En la Tabla 7 se tiene las coordenadas UTM de la concesión minera AFC-14, en la cual encierra un polígono de 4 lados y las pozas de lodos se encuentran dentro de este polígono de la mina Calizaya de la concesión minera AFC-14.



*Figura 8.* Imagen satelital de la expansión de la concesión minera.  
Fuente: GEOCATMIN, INGEMMET.

### **3.1.1. Ubicación de Ladrillera Artesanal y Laboratorio de Construcciones.**

En cuanto a la fabricación de las unidades de albañilería se recurrió a las ladrilleras aledañas en la ciudad de Puno, como son las ladrillos de Salcedo Rinconada, que cuenta como acceso principal por la avenida industrial a la izquierda y al fondo del instituto José Antonio Encinas de Puno.

Específicamente se realizó la fabricación de los ladrillos en la ladrillera artesanal del Sr. Gustavo Llanos, ubicada en la rinconada del centro poblado de Salcedo, a continuación, se muestra en la Figura 9 la imagen satelital de la ubicación de la ladrillera artesanal.

Posteriormente en la fase experimental para los ensayos a someterse a las unidades de albañilería, se trasladó al laboratorio de construcciones de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la UNA – PUNO.



*Figura 9.* Imagen de la Ubicación de la ladrillera artesanal.  
Fuente: Google Earth.

### **3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.**

Por a la naturaleza del estudio es que se presenta en dos etapas, en la cual la primera etapa consta del muestreo y extracción de los relaves mineros en las pozas de lodo y su posterior fabricación de las unidades de albañilería y la segunda etapa consta con todos los ensayos que se sometieron a las unidades de albañilería de acuerdo a las normas: NTP 399.605, 2013 y NTP 399.613, 2005, por tanto el periodo de tiempo de duración del estudio los cuales estuvo entre los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018 y los tres primeros meses del año 2019.

### **3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.**

La procedencia del material es específicamente el relave minero de la mina Calisaya, que es el producto del lavado en el chute de la tierra aurífera y que por medios de rejas y canales metálicos son separados los suelos finos con los gruesos, estos suelos finos son depositado por efecto de la gravedad en las pozas de lodos y son estos el material utilizado para esta investigación.



*Figura 10.* Imagen del Acceso a la mina Calizaya.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la mina Calisaya existen varias pozas de lodo de diferentes actividades mineras anteriormente realizadas y también tienen una profundidad aproximada de 5 a 8 metros, siendo estas inestables y peligrosas ya que están en estado saturado o parcialmente secos en la capa superficial, lo cual presenta un riesgo de hundimiento para las maquinarias y al personal que labora en la mina.



*Figura 11.* Imagen de Poza de lodo con señalización indicando su riesgo.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Las poza de lodos de la mina calisaya son dispuestos a cielo abierto esto para su secado natural y posteriormente su encapsulamiento, esto consta en taparlos con relaves de materiales más gruesos producto de la misma actividad minera, con la finalidad de darle más estabilidad al suelo y evitar también el desborde del relave a los afluentes cercanos, no se le da ningún aprovechamiento a los relaves antes del encapsulamiento por lo que son considerados desechos que tienen que ser controlados y mitigados.

Para la extracción de estos relaves o lodos y para su posterior análisis, se tomó de una poza antigua y seca para evitar los riesgos y el peligro que esta representa como se mencionó anteriormente.



*Figura 12.* Imagen de una Poza de lodo seco.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO.**

#### **3.4.1. Población.**

Se consideró como población, a las pozas de lodos de relaves mineros de la mina Calizaya de la concesión AFC – 14, la cual está conformado por 5 pozas de lodos de diferentes tamaños donde las 3 primeras son producto de trabajos

anteriores, en la cual se evidencia su pérdida de humedad por el paso del tiempo, en la siguiente Figura 13, se observa la disposición de la ubicación de estas pozas de lodo en el área de explotación de la minera.



Figura 13. Imagen de distribución de las pozas de lodo en la Mina.  
Fuente: GEOCATMIN, INGEMMET.

Una de las características de la población es de extensiones amplias y de volúmenes considerables ya que según los administradores de la mina indican que cada una de las pozas tiene una profundidad aproximada de entre 5 a 8 metros y considerando su área, estos tendrían los volúmenes según la Tabla 8.

Tabla 8  
Cuadro de volúmenes de pozas según la Figura 13.

Pozas	Área (m <sup>2</sup> )	Profundidad promedio (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	7,947.96	8.00	63,583.71
2	1,864.51	8.00	14,916.04
3	5,083.09	8.00	40,664.73
4	2,456.31	8.00	19,650.45
5	8,069.60	8.00	64,556.77

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Otras de las características, es que, las pozas 4 y 5, tienen humedad alta ya que fueron depositados recientemente y presenta un peligro de hundimiento al



momento de la extracción de la muestra, las pozas 1,2 y 3 son antiguas y están más secas pero las pozas 1 y 2 son mucho más antiguas y por ser más antiguas están cubiertas parcialmente de vegetación, por lo que se tomó a la poza 1 para la extracción.

Esta disipación de los lodos en pozas de sedimentación que emplean las mineras, es considerada como una mitigación primaria por parte de las mineras que laboran, ya que son las primeras acciones que se realizan para la contención del derrame directo de relaves mineros en las vertientes de los ríos próximos a estas mineras, posteriormente existen otras acciones de mitigación, como la sedimentación y extracción del agua superficial ya limpia separado de los lodos.

#### **3.4.2. Muestra.**

La toma de la muestra en la zona donde se encuentra el relave minero, se procedió en el mismo lugar, teniendo en cuenta que la poza 1 tiene una extensión aproximada de  $7,947.96 \text{ m}^2$  m con una altura de 8 m, haciendo un total de  $63,583.71 \text{ m}^3$  de volumen, al cual, si aplicamos una densidad aproximada de  $3 \text{ t/m}^3$ , estimamos la existencia de 2 millones de toneladas de relave minero solo en la poza 1 de la mina.

La poza número 1 es la más adecuada para la extracción de la muestra y no presenta riesgos para la extracción de la muestra, en la cual se procedió a tomar la muestra representativa de la poza de relave en un área de  $1.50 \times 1.50 \text{ m}$ , y envasarlos en sacos de polietileno de 40 kilos de peso, los mismos que se trasladaran a las ladrilleras de la ciudad de Puno para su respectivo estudio y fabricación de unidades de albañilería como se aprecia en la Figura 14.

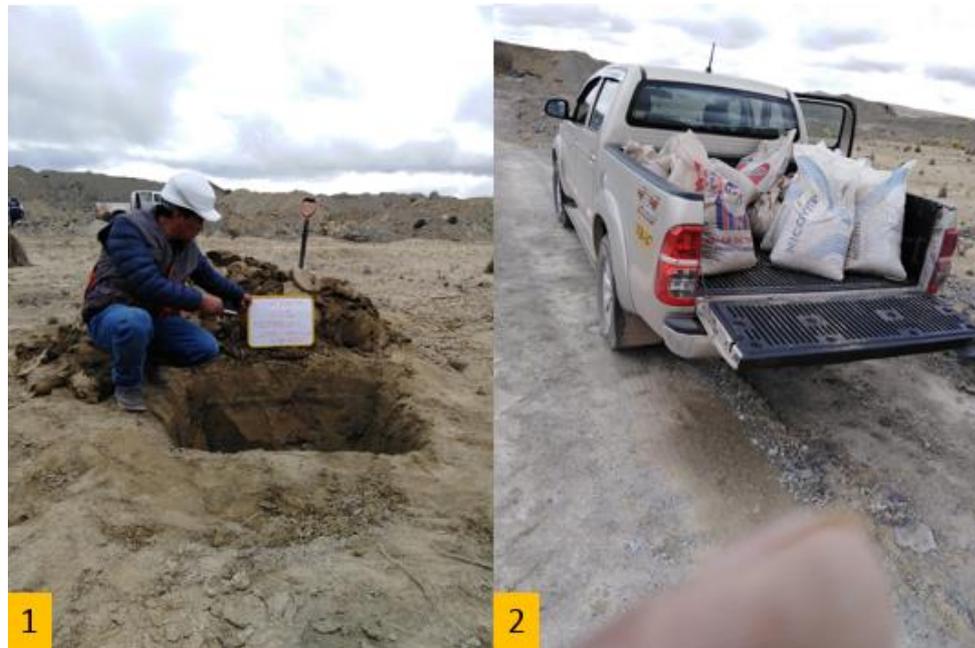


Figura 14. Extracción y transporte del relave minero.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Para la fabricación del número de unidades de albañilería se tomaron los criterios y recomendaciones que brindan la Norma Técnica Peruana NTP 331.605 y NTP 331.613., así como para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería.

Tabla 9  
*Tamaño de la muestra.*

ENSAYOS	TAMAÑO DE LA MUESTRA
Determinación del Peso	10 UNID.
Medida del Tamaño	10 UNID.
Medida del Alabeo	10 UNID.
Absorción	5 UNID.
Coefficiente de Saturación	5 UNID.
Eflorescencia	10 UNID.
Resistencia a la Compresión	5 UNID.
Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería	9 UNID.
<b>TOTAL</b>	<b>64 UNID.</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, NTP 331.605 y NTP 331.613.

Nota: Son para un solo tipo de ladrillo.

### 3.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.5.1. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación según su finalidad, es aplicativa de nivel descriptivo, cuasi experimental, en la cual se manipuló la variable independiente, y se determinara las propiedades tal y como se dan en su contexto natural.

#### 3.5.2. Diseño Cuasi Experimental.

En los ensayos de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se obtendrán las variables dependientes del resultado de la manipulación de la variable independiente, para eso se tomará 5 pruebas o factores medibles para 3 niveles estos niveles se determinarán con el porcentaje de relave minero adicionado en la fabricación de ladrillo artesanal, de donde:

X = Variable Independiente (manipulado).

Y = Variable Dependiente (Resultado).

Tabla 10  
*Factores y Niveles.*

Niveles de relave	Factores resistencia a compresión				
1	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>
2	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	Y <sub>24</sub>	Y <sub>25</sub>
3	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	Y <sub>34</sub>	Y <sub>35</sub>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la misma forma para los ensayos de resistencia de compresión en prismas de albañilería, los resultados obtenidos dependerán de los 3 niveles con porcentajes de relave minero adicionado en la fabricación de las unidades de albañilería.



### **3.5.3. Análisis de Datos.**

En el procesamiento de datos y gráficos se realizó con el software Microsoft Excel y para el análisis de la varianza se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statistics 19.

## **3.6. PROCEDIMIENTO.**

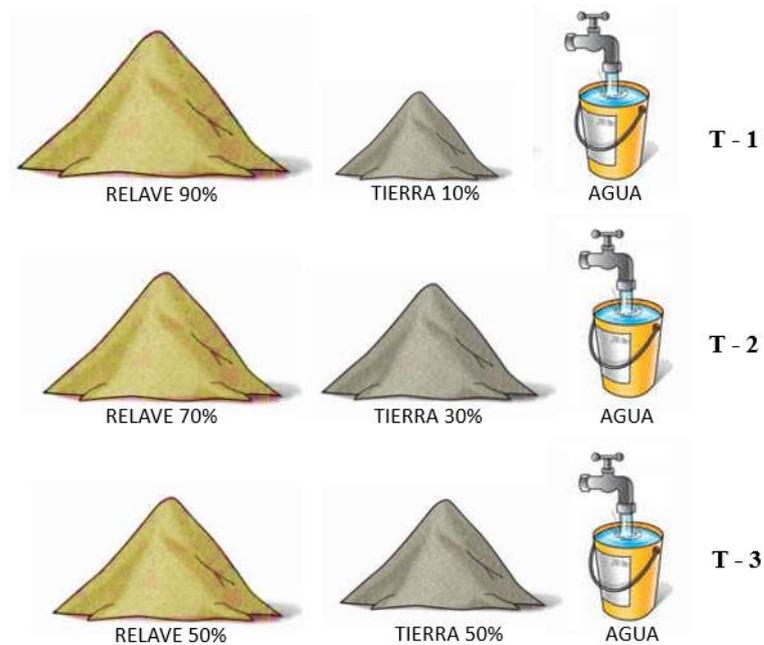
### **3.6.1. Fabricación artesanal de unidades de albañilería.**

Se tomó como prototipo a la unidad de albañilería de arcilla tipo King Kong de 18 huecos de 24.00 x 14.00 x 10.00 centímetros de medida nominal, para lo cual se tomó el relave minero como materia prima de los ladrillos, a su vez este se determinó que este relave minero es un suelo limo arcilloso de baja plasticidad y para aumentar su plasticidad se combinaron con materiales que se utiliza actualmente para la fabricación de ladrillos artesanales, es decir que se agregaron relave minero en cantidades de 90%, 70% y 50 %, y a la vez se adicionó tierra negra de chacra, ceniza y aserrín como adiciones para mejorar el ladrillo en los 3 tipos de ladrillos ya conformados en el diseño cuasi experimental.

Para el mezclado se realizó con herramientas manuales y para el moldeado se contó con un molde metálico y para el posterior quemado se utilizó un horno artesanal.

Para el quemado se utilizó como combustible el guano de ganado y en cuanto a la cantidad de agua se utilizó el mínimo requerido que lo determina la trabajabilidad durante la manipulación durante el moldeo y el secado de los ladrillos.

Para la elaboración se tomó 3 Tipos de ladrillos con diferentes porcentajes de relave minero en cantidades de 90, 70 y 50 %, denominados T-1, T-2 y T-3 respectivamente como se muestra en la Figura 15.



*Figura 15.* Proporciones de relaves en los 3 tipos de ladrillos  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Definido la proporción, se controló la cantidad relave minero y otros componentes en volúmenes de pies<sup>3</sup> para el mezclado, como se muestra en la *Figura 16*.



*Figura 16.* Proceso de mezclado.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

La medida del molde es mayor en 1cm, en sus medidas con respecto a la medida de ladrillo nominal, para que luego después de el secado y quemado este llegue al tamaño deseado debido al encogimiento por la pérdida de la humedad, durante el secado al ambiente, se realizó con cobertura para la protección de la radiación solar brusca que debido a esto causaría las rajaduras en el ladrillo húmedo, el proceso de secado al ambiente con cobertura duró aproximadamente más de 14 días y que por recomendación de los fabricantes estas deberían estar bien secas y sin humedad en el interior de los ladrillos, esto debido a que durante el quemado en el horno no generar explosiones debido a la humedad que podrían contener los ladrillos.



*Figura 17.* Proceso de moldeado, cortado y secado.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El quemado de los ladrillos se realizó en la misma ladrillera donde cuenta con un horno artesanal, que utiliza como combustible el guano de ganado.

En el horno en mención, se queman hasta 8,000 unidades de ladrillos por tanda, para la investigación se colocó en total 115 ladrillos de T-1, T-2 y T-3,

separados y etiquetados para su identificación, el proceso de quemado duró 8 días desde la introducción de los ladrillos hasta la extracción.



*Figura 18.* Extracción de los ladrillos del horno artesanal.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El número de ladrillos fabricados estuvo relacionado con el número de ensayos a realizar con los 3 tipos de ladrillos, en donde se tomaron en cuenta que los ensayos de compresión en ladrillos y compresión en prismas de ladrillos, se realizó a los tres tipos de ladrillos fabricados y los demás ensayos solo se realizó a los ladrillos T-2, para lo cual el número de ladrillos fabricados de tipo T-2 fueron mayor con respecto a los ladrillos tipo T-1 y T-3 a continuación se muestra la Tabla 11, en donde se muestra el número de ladrillos fabricados y el etiquetado para cada tipo de ladrillo según el tipo.

Tabla 11  
*Distribución de los ladrillos fabricados.*

		Numero de Ladrillos								Sub Total
T-1	1	2	3	4	5	6	7	8	15	
	9	10	11	12	13	14	15			
T-2	16	17	18	19	20	21	22	23	85	
	24	25	26	27	28	29	30	31		
	32	33	34	35	36	37	38	39		
	40	41	42	43	44	45	46	47		
	48	49	50	51	52	53	54	55		
	56	57	58	59	60	61	62	63		
	64	65	66	67	68	69	70	71		
	72	73	74	75	76	77	78	79		
	80	81	82	83	84	85	86	87		
	88	89	90	91	92	93	94	95		
T-3	96	97	98	99	100				15	
	101	102	103	104	105	106	107	108		
	109	110	111	112	113	114	115			
TOTAL									115	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.6.2. Límites de Consistencia y Análisis Granulométrico del Relave Minero.

**Límite líquido (ASTM D4318).** Para el límite líquido se procedió de acuerdo a la norma, tomando muestra de relave minero en cantidad de 100 gr. aproximadamente y posteriormente se reposó con agua durante un periodo de 24 horas formándose así una pasta, luego se colocó una porción de esta pasta en la cuchara de Casagrande con un espesor máximo de 1cm, se hizo una ranura con velocidad constante, cabe mencionar que el ranurador se debe mantener en todo el recorrido normal a la superficie interior de la cuchara, se acciono la copa a razón de 2 golpes por segundo contando el número de golpes necesario para que la parte inferior del talud de la ranura se una al otro lado en un ancho de 1/2" pulg., finalmente se recogió una muestra de esa unión y se colocó en una cápsula para poder calcular su contenido de humedad, se realizó tres pruebas 2 después de los 25 golpes y 1 antes de los 25 golpes, posteriormente se registró los datos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12  
*Registro y resultados del límite líquido.*

# Tara		S-40	S-41	S-45
Peso de la tara	gr.	17.32	17.28	22.07
T. + suelo húmedo	gr.	34.56	32.03	40.89
T. + suelo seco	gr.	31.52	29.35	37.11
Peso del agua	gr.	3.04	2.68	3.78
Suelo seco	gr.	14.20	12.07	15.04
% de humedad		21.41	22.20	25.13
Nro. De golpes		32	26	16

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Límite plástico (ASTM D4318).** Se tomó una pequeña cantidad de muestra para formar cilindros de 3mm de espesor del mismo material que se utilizó en el ensayo del límite líquido a la vez se forma una esfera presionándola contra el vidrio esmerilado haciéndola rotar con la palma de la mano hasta que falle a una velocidad constante y se note la presencia de fisuras en su superficie, una vez que llega a este estado se calculó el contenido de humedad, esta operación se repitió por 3 veces de las muestras.

Tabla 13  
*Registro de datos y resultados límite plástico.*

# Tara		B-3	S-03	S-24
Peso de la tara	gr.	12.94	13.03	10.89
T. + suelo húmedo	gr.	16.39	15.70	15.03
T. + suelo seco	gr.	15.90	15.31	14.40
Peso del agua	gr.	0.49	0.39	0.63
Suelo seco	gr.	2.96	2.28	3.51
% de humedad		16.60	17.10	17.90

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



*Figura 19. Pesado del material de relave minero.*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-421).** Para el análisis granulométrico se realiza el siguiente procedimiento:

Se secó el material a temperatura constante como mínimo a 105 grados y máximo a 110 grados centígrados, la cantidad de muestra depende del tipo de suelo, se tomó una muestra de 444.64 gr. de relave minero, luego se lavó el material pasándolo a través del tamiz Nro. 200, hasta que el agua este totalmente clara.

Una vez concluido esta operación se llevó al horno por un tiempo mínimo de 24 horas y a una temperatura mínimo de 105 y un máximo de 110 grados centígrados, procediendo luego a anotar el peso seco después de lavar, se pasó por todo el juego de tamices; pesando el material retenido en cada uno de ellos teniendo cuidado de sacar el material que quedan incrustados en el tamiz.

Por último, se realizan los cálculos correspondientes, para hallar la curva granulométrica, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14  
*Registro de los pesos del tamizado.*

W inicial =			444.64	gr.
Tamiz #	Retenido (gr.)	Retenido (%)	Retenido Acum.%	Pasante (%)
4	0	0.00	0.00	100.00
6	0	0.00	0.00	100.00
8	0.52	0.12	0.12	99.88
10	0.42	0.09	0.21	99.79
16	0	0.00	0.21	99.79
20	4.36	0.98	1.19	98.81
30	0	0.00	1.19	98.81
40	2.33	0.52	1.72	98.28
50	0	0.00	1.72	98.28
80	18.52	4.17	5.88	94.12
100	8.51	1.91	7.80	92.20
200	75.15	16.90	24.70	75.30
fondo	334.83	75.30	100.00	0.00
% de grava		: 0.00 %		
% de arena		: 24.70 %		
% pasa la N°200		: 75.30 %		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.6.3. Ensayos Según Norma NTP 399.613.

Para estos ensayos se tomó a los ladrillos del T-2, de la Tabla 11 y de acuerdo a la norma (NTP 399.613, 2005), estas unidades antes de someterlos a los ensayos deben de ser registrado su peso y secados en un horno ventilado a 110°C a 120°C, y posteriormente registrar su peso a las 3 horas y en 24 horas después de ingresados al horno, para así extraer la humedad existente en ladrillo. Este ensayo se hizo a dos ladrillos secándolos en un horno a 120°C y después de 3 horas se determinó que el peso húmedo y seco no registró variaciones.



*Figura 20. Secado en horno.*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 15

*Medición del peso antes y después del secado en el horno.*

Unidades	Pi (10:45 am)	Pf (1:45 pm)
L-20	3.295	3.295
L-24	3.310	3.310

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la Tabla 15, se determinó que los ladrillos no tienen humedad, esto debido a que todos los ladrillos fueron trasladados de la ladrillera artesanal a las instalaciones del laboratorio de construcciones de la EPIC después de extraído del horno, es decir no sufriendo ningún tipo de alteración debido a la humedad durante el traslado y depósito de los ladrillos, por lo que se obvia este ensayo a los ladrillos, para los demás ensayos siguientes.

### **Determinación del peso.**

Para la determinación del peso se procedió de acuerdo a lo indicado a la (NTP 399.613, 2005), utilizándose una balanza electrónica de 0.5g de precisión, en cuanto a las unidades elegidas estas fueron 10 unidades elegidas al azar del número 15 al 100 del tipo T-2, posteriormente se procedió a la toma de datos.



*Figura 21. Determinación del peso.*  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 16  
*Datos de Determinación de peso.*

Unidades	Peso (Kg).
L-27	3.275
L-32	3.075
L-47	3.255
L-54	3.165
L-55	3.250
L-58	3.090
L-61	3.265
L-63	3.300
L-77	3.300
L-80	3.240

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **Medida del tamaño.**

Para la medida del tamaño se procedió de acuerdo a lo indicado a la (NTP 399.613, 2005), escogiéndose al azar 10 unidades para cada tipo de ladrillos T-1, T-2 y T-3, los instrumentos que se requirieron fueron un vernier graduable, regla

de metálica de acero, guantes y brocha, siendo los datos registrados los que se muestran en la Tabla 18 @ Tabla 19 .



Figura 22. Procedimiento de Medida del Tamaño.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 17

*Datos de medidas del tamaño de ladrillos con 90% de relave T-1.*

Ladrillos	L(cm.)		A(cm.)		H (cm.)			
	1	2	1	2	1	2	3	4
L-01	23.85	23.66	13.85	13.87	10.55	10.32	10.50	9.95
L-05	24.00	23.88	14.06	14.02	10.25	10.67	10.54	10.15
L-06	24.00	23.33	13.26	13.52	9.51	9.65	9.78	9.78
L-08	23.84	23.84	13.98	13.87	10.15	10.32	10.54	10.36
L-09	23.64	23.95	13.63	13.85	9.36	9.84	9.56	9.74
L-11	23.63	24.36	14.03	13.78	10.35	10.55	10.65	10.37
L-12	24.62	24.80	14.06	14.15	9.56	9.48	9.35	9.78
L-13	24.53	24.05	13.35	13.68	10.23	10.05	10.05	10.23
L-14	23.85	23.65	13.74	13.63	10.68	10.78	10.23	10.55
L-15	23.80	24.05	13.86	13.90	10.25	10.25	10.05	10.87

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 18  
*Datos de medidas del tamaño de ladrillos con 70% de relave T-2.*

Ladrillos	L(cm.)		A(cm.)		H (cm.)			
	1	2	1	2	1	2	3	4
L-16	23.63	23.52	14.00	13.87	10.60	10.36	10.64	10.52
L-25	23.25	24.00	13.80	14.01	10.29	10.67	10.48	10.25
L-28	23.90	23.45	13.46	14.06	10.35	10.47	10.68	10.61
L-34	23.28	23.85	13.98	13.99	9.71	9.83	9.88	10.04
L-36	24.00	23.34	14.01	14.04	10.16	9.94	9.92	9.90
L-40	23.63	23.22	14.03	13.88	10.30	10.36	10.56	10.62
L-49	24.01	23.42	14.08	14.04	9.77	9.77	10.15	9.93
L-68	23.37	23.71	13.90	13.97	9.66	9.87	9.87	10.08
L-84	23.70	23.48	14.19	14.17	9.87	10.24	9.81	9.93
L-97	23.81	23.47	14.08	13.97	10.22	9.94	10.05	9.81

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 19  
*Datos de medidas del tamaño de ladrillos con 50% de relave T-3.*

Ladrillos	L(cm.)		A(cm.)		H (cm.)			
	1	2	1	2	1	2	3	4
L-102	23.22	23.45	14.08	13.88	9.86	9.68	9.67	9.85
L-105	23.26	23.51	13.76	13.87	10.36	10.35	10.63	10.25
L-107	23.24	23.65	13.90	13.97	10.45	9.89	10.35	10.61
L-108	23.85	24.01	13.84	13.64	9.36	9.86	9.95	10.04
L-109	23.83	23.74	13.56	14.52	10.26	10.35	9.78	9.86
L-111	24.10	24.86	14.08	13.97	9.95	10.26	9.85	10.35
L-112	23.56	23.35	14.08	14.04	10.26	10.35	10.45	10.15
L-113	23.35	23.61	13.47	13.65	9.98	9.90	10.02	9.95
L-114	23.50	23.45	14.33	14.28	10.35	10.28	10.26	10.20
L-115	24.08	24.67	14.10	13.90	9.68	9.60	9.72	9.76

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **Medida del alabeo.**

Para la medida del Alabeo se procedió de acuerdo a lo indicado a la (NTP 399.613, 2005), para lo cual se eligió al azar 10 ladrillos para cada tipo de ladrillos T-1, T-2 y T-3, haciendo un total de 30 ladrillos, durante el procedimiento se requirió de una regla metálica y una cuña de acero con divisiones graduadas en milímetros en la parte inclinada, se midió la concavidad y convexidad del ladrillo

según sea el caso, como se muestra en la *Figura 23.* y se tomaron los datos registrados en la Tabla 20 @ Tabla 22.



*Figura 23.* Medición del alabeo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 20

*Datos de medición del alabeo de ladrillos con 90% de relave T-1.*

Ladrillos	Cara Superior (mm.)				Cara Inferior (mm.)			
	Concava		Convexa		Concava		Convexa	
Unidades	1	2	1	2	1	2	1	2
L-01	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-
L-05	0.00	0.00	1.30	1.00	1.30	1.20	-	-
L-06	0.60	0.60	-	-	0.00	0.00	1.00	1.00
L-08	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.50	0.70
L-09	0.00	0.00	-	-	-	-	0.80	0.50
L-11	1.50	2.00	-	-	0.00	0.00	0.60	0.50
L-12	1.00	1.00	-	-	0.00	0.00	-	-
L-13	1.40	0.90	-	-	-	-	0.60	0.60
L-14	0.00	0.00	-	-	1.00	1.00	-	-
L-15	0.50	2.00	-	-	1.50	1.50	-	-

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 21

*Datos de medición del alabeo de ladrillos con 70% de relave.*

Ladrillos	Cara Superior (mm.)				Cara Inferior (mm.)			
	Concava		Convexa		Concava		Convexa	
Unidades	1	2	1	2	1	2	1	2
L-18	0.50	0.00	-	-	1.80	2.40	-	-
L-21	0.00	0.00	-	-	1.50	3.50	-	-
L-37	1.60	1.60	-	-	0.00	0.00	-	-
L-43	0.00	0.00	-	-	2.20	1.70	-	-
L-51	1.30	1.50	-	-	-	-	0.80	0.50
L-65	0.50	0.00	-	-	0.00	1.50	-	-
L-70	0.70	0.90	-	-	0.20	0.50	-	-
L-82	1.40	0.90	-	-	-	-	0.50	0.50
L-86	1.00	1.50	-	-	0.20	0.00	-	-
L-98	2.00	1.00	-	-	0.00	0.00	-	-

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 22

*Datos de medición del alabeo de ladrillos con 50% de relave.*

Ladrillos	Cara Superior (mm.)				Cara Inferior (mm.)			
	Concava		Convexa		Concava		Convexa	
Unidades	1	2	1	2	1	2	1	2
L-102	0.00	0.50	-	-	0.50	0.50	0.50	0.50
L-105	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	-	-
L-107	2.00	1.50	-	-	0.00	0.00	-	-
L-108	0.60	1.20	-	-	2.20	1.70	2.20	1.70
L-109	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	-	-
L-111	0.50	0.00	-	-	0.00	1.50	0.00	1.50
L-112	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	-	-
L-113	0.50	0.80	-	-	0.00	0.00	-	-
L-114	2.00	2.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00
L-115	0.50	0.50	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **Absorción.**

Para la medida de Absorción se procedió de acuerdo a lo indicado a la (NTP 399.613, 2005), de la cual se sometieron a 5 especímenes de cada tipo de ladrillos T-1, T-2 y T-3, donde estos especímenes son las mitades de 3 ladrillos de cada tipo T-1, T-2 y T-3.

Primeramente, se les limpio y corto a la mitad la unidad de ladrillo para posteriormente pesarlos en su estado seco y luego sumergirlos en agua fría de 15.5°C a 30°C, estos especímenes estuvieron sumergidos por 24 horas, como se muestra en la *Figura 24*.



*Figura 24.* Procedimiento para medir la absorción.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

La recolección de datos se realizó con la medición de pesos, de estos especímenes en tiempos de 5 horas y 24 horas después de sumergidos en el agua y se procedió al registro de datos en la Tabla 24 @ Tabla 25.

Tabla 23

*Datos del peso para la absorción de ladrillos con 90% de relave T-1.*

Ladrillos		Peso Seco $W_d$ (Kg)	Peso Saturado $W_s$ (Kg)	
Unidades	Especimen	11:45 a.m.	04:45 p.m.	11:45 a.m.
L-05	E-1	1.620	1.965	2.025
L-05	E-2	1.610	1.850	1.855
L-08	E-3	1.535	1.765	1.780
L-08	E-4	1.655	1.900	1.925
L-06	E-5	1.420	1.635	1.645

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 24  
*Datos del peso para la absorción de ladrillos con 70% de relave T-2.*

Ladrillos		Peso Seco $W_d$ (Kg)	Peso Saturado $W_s$ (Kg)	
Unidades	Espécimen	11:45 a.m.	04:45 p.m.	11:45 a.m.
L-22	E-1	1.810	2.085	2.090
L-22	E-2	1.435	1.670	1.675
L-52	E-3	1.335	1.535	1.540
L-52	E-4	1.885	2.210	2.220
L-95	E-5	1.335	1.535	1.540

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 25  
*Datos del peso para la absorción de ladrillos con 50% de relave T-3.*

Ladrillos		Peso Seco $W_d$ (Kg)	Peso Saturado $W_s$ (Kg)	
Unidades	Especimen			
L-102	E-1	1.325	1.635	1.660
L-102	E-2	1.905	2.200	2.235
L-107	E-3	1.460	1.705	1.725
L-107	E-4	1.690	1.910	1.940
L-111	E-5	1.285	1.465	1.495

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Luego de recopilado de datos, se procedió al cálculo de absorción de cada espécimen con la siguiente Ecuación 1.

Ecuación 1: Absorción en agua Fría.

$$\text{Absorción \%} = 100 (W_s - W_d) / W_d$$

Para la determinación de la Absorción en agua caliente o absorción máxima se realizó con los mismos 5 especímenes que se utilizó para la determinación de la Absorción en agua fría, conforme indica la NTP 399.613, se sumergieron a los especímenes en agua a punto de ebullición y luego de 5 horas de sumergidos se secaron superficialmente y se registraron su peso de cada espécimen y se tomó su registro en la Tabla 26 @ Tabla 28.



Figura 25. Procedimiento para la absorción en agua caliente.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 26

*Datos del peso para la absorción en agua caliente T-1.*

Ladrillos		Peso Seco $W_d$ (Kg)	Peso Saturado $W_b$ (Kg)
Unidades	Especimen	11:45 a.m.	04:45 p.m.
L-05	E-1	1.620	2.200
L-05	E-2	1.610	2.050
L-08	E-3	1.535	1.905
L-08	E-4	1.655	2.060
L-06	E-5	1.420	1.785

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 27

*Datos del peso para la absorción en agua caliente T-2.*

Ladrillos		Peso Seco $W_d$ (Kg)	Peso Saturado $W_b$ (Kg)
Unidades	Especimen	11:45 a.m.	04:45 p.m.
L-22	E-1	1.810	2.170
L-22	E-2	1.435	1.735
L-52	E-3	1.335	1.735
L-52	E-4	1.885	2.300
L-95	E-5	1.335	1.600

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla 28  
*Datos del peso para la absorción en agua caliente T-3.*

Ladrillos		Peso Seco $W_d$ (Kg)	Peso Saturado $W_b$ (Kg)
Unidades	Especimen	11:45 a.m.	04:45 p.m.
L-102	E-1	1.325	1.820
L-102	E-2	1.905	2.325
L-107	E-3	1.460	1.930
L-107	E-4	1.690	2.105
L-111	E-5	1.285	1.635

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Para el cálculo de la absorción de los especímenes en agua caliente se procedió al cálculo con la formula siguiente.

Ecuación 2 Absorción en agua Caliente.

$$\text{Absorción \%} = 100 (W_b - W_d)/W_d.$$

### **Coefficiente de saturación.**

La determinación del coeficiente de Saturación proviene de los resultados realizados en el cálculo de la absorción tanto en agua frio y caliente, a los datos obtenidos se aplicó la formula siguiente, donde el coeficiente de absorción es adimensional:

Ecuación 3 Coeficiente de Saturación.

$$\text{Coeficiente de Saturación} = (W_s - W_d)/(W_b - W_d).$$

### **Eflorescencia.**

Para este ensayo se dispuso 10 ladrillos separándolos en pares según lo indicado en la norma (NTP 399.613, 2005), “Los 10 especímenes de cada par deben tener la misma apariencia tanto como sea posible”, por lo que se escogió los más

parecidos en color, dimensiones y peso, incluyendo aquellos que se ensayaron anteriormente para determinar el peso y las dimensiones.

Escogidos estos ladrillos se separaron en pares de 5, a la vez se dispuso de bandejas con agua a una altura de 30 milímetros, para luego reposar sobre ellas uno de cada par, como se muestra en la *Figura 26*.



*Figura 26.* Ladrillos separados por pares para determinar la eflorescencia.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Uno de los ladrillos sobrantes de cada par se conservó y se guardaron para después de 7 días, puedan ser comparados ambos ladrillos de cada par, observándolos bajo iluminación y así puedan ser evidente si existe o no una diferencia entre ambos, y esa diferencia es quien determinara si existe o no eflorescencia en los ladrillos.

### **Resistencia a la compresión.**

Para la determinación de la Resistencia a la Compresión de las unidades de albañilería se procedió de acuerdo a lo indicado a la NTP 399.613 y se ensayaron 5

unidades de los 3 tipos de ladrillos fabricados y 5 ladrillos artesanales solidos existentes en el mercado.

El ensayo de compresión se realizó también de acuerdo a la norma ASTM E4 y para esto se utilizó la máquina para ensayos uniaxial estáticos que cuenta el laboratorio de construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil UNA - PUNO.



*Figura 27. Máquina de compresión.*  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Se tomó las medidas del ancho y largo de los ladrillos, esto debido a que será tomado como dato para el cálculo del área bruta del ladrillo, para así determinar la resistencia a la compresión del ladrillo sometido, no se consideró las medidas de los alveolos (huecos), esto debido a que la norma indica que se considere el área bruta de las unidades de albañilería, más no el área neta.

En cuanto al refrenado se utilizó el yeso con cemento en la cual se procedió preparando la mezcla de yeso con cemento y agua y tomando una superficie plana

en este caso la mesa de trabajo del laboratorio, se procedió a empastar las caras del ladrillo y posteriormente se enrasó con una regla metálica las 15 unidades de albañilería elegidos al azar de cada tipo de ladrillo.



*Figura 28. Refrenado con yeso en ladrillos.*  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Pasado más de las 24 horas de colocado el refrenado y una vez endurecido el refrenado, estos se sometieron a compresión en la máquina de compresión uniaxial y a la vez se registró los datos como se muestra en la Tabla 29 @ Tabla 32.



*Figura 29.* Proceso de compresión de ladrillos.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



*Figura 30.* Compresión de ladrillo King Kong solido artesanal.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 29

*Datos tomados de ladrillos T-1 (90% de relave).*

Ladrillos Muestra	Ancho cm.		Largo cm.		P <sub>u</sub> (Kg)
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	
L-2	14.03	13.81	23.57	23.58	17150
L-3	13.63	13.74	23.27	23.62	18360
L-4	13.42	14.06	23.32	23.43	17260
L-7	13.90	13.92	23.28	23.76	13380
L-10	14.01	14.00	23.90	23.42	17370

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 30

*Datos tomados de ladrillos T-2 (70% de relave).*

Ladrillos Muestra	Ancho cm.		Largo cm.		P <sub>u</sub> (Kg)
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	
L-33	14.04	13.65	23.45	23.51	20220
L-35	13.73	14.00	23.75	23.42	22360
L-60	14.03	13.88	23.63	23.22	19430
L-74	14.08	14.04	24.01	23.42	21460
L-78	13.90	13.97	23.37	23.71	21570

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 31

*Datos tomados de ladrillos T-3 (50% de relave).*

Ladrillos Muestra	Ancho cm.		Largo cm.		P <sub>u</sub> (Kg)
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	
L-101	13.84	14.05	23.25	23.51	15810
L-103	13.73	13.68	23.90	23.41	16840
L-104	13.64	13.88	23.25	23.40	14680
L-106	14.10	13.65	23.51	23.71	14860
L-110	13.86	13.90	23.74	24.02	19170

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 32

*Datos tomados de ladrillo King Kong solido artesanal.*

Ladrillos Muestra	Ancho cm.		Largo cm.		P <sub>u</sub> (Kg)
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	
KKA-01	12.22	12.16	21.10	21.08	11920
KKA-02	12.20	12.26	21.40	21.48	8240
KKA-03	12.10	11.93	21.10	21.14	9360
KKA-04	12.08	12.23	21.20	21.15	8650
KKA-05	12.25	12.05	21.30	21.24	7620

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.6.4. Ensayos según Norma NTP 399.605, Método de Ensayo para la determinación de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería.

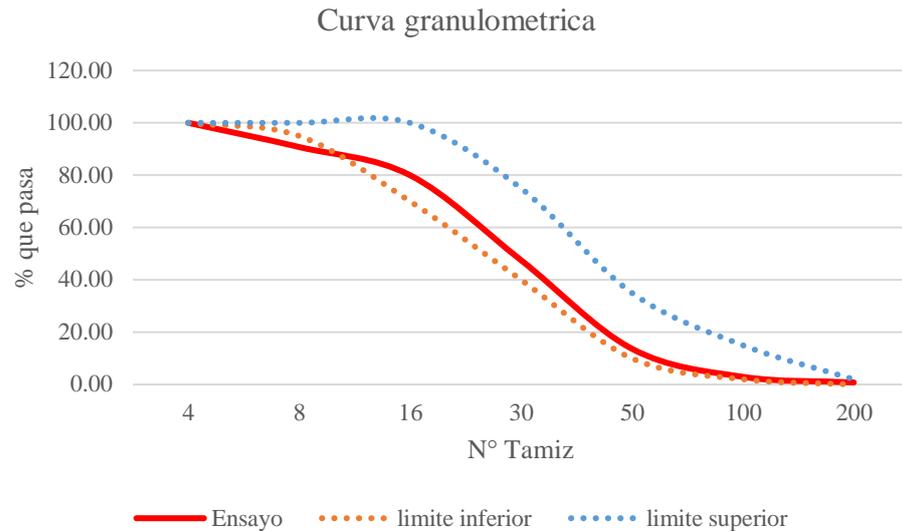
Para este ensayo se elaboraron 3 pilas de 3 ladrillos con mortero de 1:4, utilizándose los 3 tipos de ladrillos fabricados.

Primero, se determinó la cantidad y el diseño del mortero para la unión de los ladrillos con arena según la granulometría indicada en el RNE E-070, así el diseño del mortero de proporciones de 1:4, que tiene la finalidad de adherir los ladrillos a la vez absorberá todas las irregularidades de estas y también sellara las juntas contra la penetración de humedad, el cemento utilizado para el mortero es cemento de marca RUMI Tipo IP, y en cuanto la arena tiene la siguiente granulometría como lo muestra la Tabla 33.

Tabla 33  
*Granulometría de arena para mortero.*

	W inicial = 1124.76 gr.			
Tamiz #	Retenido (gr.)	Retenido (%)	Retenido Acum.%	Pasante (%)
4 (4.75mm.)	0	0.00	0.00	100.00
8 (2.36mm.)	103.91	9.24	9.24	90.76
16 (1.18mm.)	121.26	10.78	20.02	79.98
30 (0.60mm.)	365.13	32.46	52.48	47.52
50 (0.30mm.)	380.73	33.85	86.33	13.67
100 (0.15mm.)	120.6	10.72	97.05	2.95
200 (0.075mm.)	24.29	2.16	99.21	0.79
fondo	8.62	0.77	99.98	0.02

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



*Figura 31. Curva granulométrica.*  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Segundo, se procedió a la construcción de las pilas de 3 unidades controlado el espesor de la junta de mortero de 1.5 cm., en total se construyeron 9 pilas, tres de cada tipo de ladrillo, con la siguiente distribución como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34  
*Distribución de las pilas construidas.*

T-1 (90% de relave)			T-2 (70% de relave)			T-3 (50% de relave)		
P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
L-5	L-1	L-11	L-17	L-69	L-85	L-102	L-109	L-103
L-6	L-8	L-13	L-27	L-72	L-87	L-105	L-111	L-114
L-9	L-14	L-15	L-50	L-75	L-90	L-108	L-112	L-115

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tercero, después de construido las pilas, se envolvieron en plástico, dejándolo fraguar el mortero por un promedio de 28 días, el fraguado como especifica la norma (NTP 399.605, 2013), las pilas se deberá fraguar envueltos en plástico a una temperatura de 15 a 30°C y pasado los 28 días se procedió a rotura de estas mismas con el equipo de compresión uniaxial que cuenta el laboratorio de construcciones de la escuela profesional de Ingeniería Civil.



Figura 32. Rotura de pilas de albañilería.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Por último, se tomaron los datos obtenidos, así como las medidas del largo, ancho y alto de los prismas de cada tipo, como se muestra en la Tabla 35 @ Tabla 37.

Tabla 35  
*Datos de pilas de ladrillos T-1 con (90% de relave).*

Pilas	Largo cm.		Ancho cm.		Alto cm.		Pu (Kg)
	l1	l2	t1	t2	h1	h2	
P-1	24.03	23.85	13.85	13.62	30.26	30.24	12350
P-2	23.83	23.61	13.74	13.42	30.32	30.35	13360
P-3	23.46	23.56	14.06	13.81	30.15	30.12	12410

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 36  
*Datos de pilas de ladrillos T-2 con (70% de relave).*

Pilas	Largo cm.		Ancho cm.		Alto cm.		Pu (Kg)
	l1	l2	t1	t2	h1	h2	
P-1	23.82	23.41	13.89	14.00	33.12	33.12	18300
P-2	23.63	23.22	14.03	13.88	32.02	32.00	18620
P-3	24.31	23.75	14.03	14.05	30.62	30.58	16680

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 37  
*Datos de pilas de ladrillos T-3 con (50% de relave).*

Pilas	Largo cm.		Ancho cm.		Alto cm.		Pu (Kg)
	l1	l2	t1	t2	h1	h2	
P-1	23.25	23.40	13.84	14.05	31.26	31.30	11630
P-2	23.51	23.71	13.73	13.68	30.59	30.60	8840
P-3	23.74	24.02	13.64	13.88	32.31	32.15	11350

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

#### 3.7.1. Clasificación de suelo del relave minero

De los datos obtenidos del cálculo de los límites de consistencia y la granulometría del relave minero y según la clasificación SUCS Y AASHTO, se clasificó al relave con los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 38:

Tabla 38  
*Clasificación del suelo.*

CLASIFICACION DEL SUELO	
Limite Liquido	: 22.60%
Limite Plastico	: 17.20%
Indice Plastico	: 5.40%
AASHTO	: A-4 (8)
SUCS	: ML – CL, (ver carta de plasticidad anexo G-1)

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

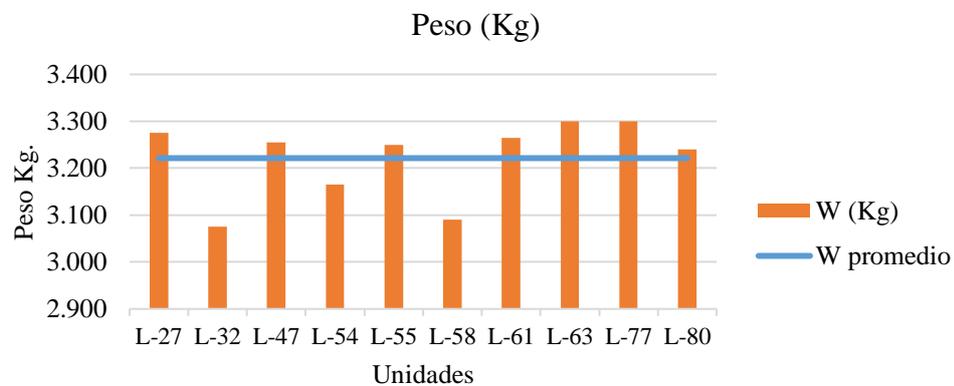
### 3.7.2. Determinación del peso.

De acuerdo a los datos registrados en la Tabla 16, se procedió a la determinación del peso promedio.

Tabla 39  
*Peso promedio.*

Unidades	Peso (Kg).
L-27	3.275
L-32	3.075
L-47	3.255
L-54	3.165
L-55	3.250
L-58	3.090
L-61	3.265
L-63	3.300
L-77	3.300
L-80	3.240
W promedio	3.222

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



*Figura 33.* Promedio de peso.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De acuerdo a los datos de peso obtenidos y con el procesamiento de los datos se pudo determinar que de 10 ladrillos T-2 con 70% de relave, estas tienen 3.222 Kg, de peso como promedio.



### 3.7.3. Medida del tamaño.

De acuerdo a los datos registrados de la medida del tamaño en la, Tabla 17, Tabla 18, y Tabla 19, se procedió a la obtención de la variación dimensional de los ladrillos con respecto a la fórmula:

Ecuación 4 Cálculo del coeficiente de variación.

$$V(\%) = \frac{S}{x_p} \times 100$$

Dónde:  $S$ : desviación estándar  
 $x_p$ : dimensión promedio

Tabla 40  
*Variación dimensional de T-1.*

Ladrillos	L(cm.)	A(cm.)	H (cm.)
Unidades	L p.	Ap.	Hp.
L-01	23.76	13.86	10.33
L-05	23.94	14.04	10.40
L-06	23.67	13.39	9.68
L-08	23.84	13.93	10.34
L-09	23.80	13.74	9.63
L-11	24.00	13.91	10.48
L-12	24.71	14.11	9.54
L-13	24.29	13.52	10.14
L-14	23.75	13.69	10.56
L-15	23.93	13.88	10.36
Promedio ( $x_p$ )	23.97	13.80	10.15
des está. ( $S$ )	0.31	0.22	0.38
V	1.31%	1.63%	3.77%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo  
Tabla 41 *Variación dimensional de T-2.*



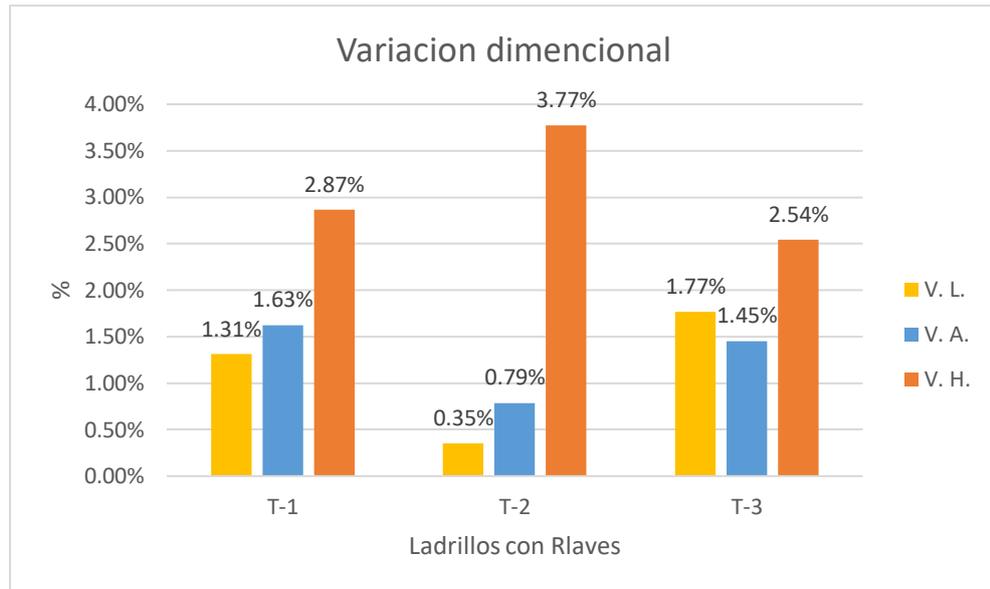
Ladrillos	L(cm.)	A(cm.)	H (cm.)
Unidades	L p.	Ap.	Hp.
L-17	23.58	13.94	10.53
L-25	23.63	13.91	10.42
L-28	23.68	13.76	10.53
L-33	23.57	13.99	9.87
L-35	23.67	14.03	9.98
L-40	23.43	13.96	10.46
L-49	23.72	14.06	9.91
L-68	23.54	13.94	9.87
L-84	23.59	14.18	9.96
L-97	23.64	14.03	10.01
Promedio (xp)	23.60	13.98	10.15
des está. (S)	0.08	0.11	0.29
V	0.35%	0.79%	2.87%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 42  
*Variación dimensional de T-3.*

Ladrillos	L(cm.)	A(cm.)	H (cm.)
Unidades	L p.	Ap.	Hp.
L-102	23.34	13.98	9.77
L-105	23.39	13.82	10.40
L-107	23.45	13.94	10.33
L-108	23.93	13.74	9.80
L-109	23.79	14.04	10.06
L-111	24.48	14.03	10.10
L-112	23.46	14.06	10.30
L-113	23.48	13.56	9.96
L-114	23.48	14.31	10.27
L-115	24.38	14.00	9.69
Promedio (xp)	23.71	13.95	10.07
des está. (S)	0.42	0.20	0.26
V	1.77%	1.45%	2.54%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



*Figura 34. Variación Dimensional.*  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.7.4. Medida del alabeo.

De acuerdo al registro de datos en la Tabla 20 @ Tabla 22, se obtiene el alabeo promedio de las unidades de la cara superior y cara inferior de la unidad de albañilería.

Tabla 43  
*Valor promedio de alabeo de T-1.*

Ladrillos	Cara Superior (mm.)	Cara Inferior (mm.)
Unidades		
L-01	0.00	1.00
L-05	0.58	1.25
L-06	0.60	0.50
L-08	0.00	0.30
L-09	0.00	0.65
L-11	1.75	0.28
L-12	1.00	0.00
L-13	1.15	0.60
L-14	0.00	1.00
L-15	1.25	1.50
Promedio	0.63	0.71

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla 44  
*Valor promedio de alabeo de T-2.*

Ladrillos	Cara Superior (mm.)	Cara Inferior (mm.)
Unidades		
L-18	0.25	2.10
L-21	0.00	2.50
L-37	1.60	0.00
L-43	0.00	1.95
L-51	1.40	0.65
L-65	0.25	0.75
L-70	0.80	0.35
L-82	1.15	0.50
L-86	1.25	0.10
L-98	1.50	0.00
Promedio	0.82	0.89

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 45  
*Valor promedio de alabeo de T-3.*

Ladrillos	Cara Superior (mm.)	Cara Inferior (mm.)
Unidades		
L-102	0.25	0.50
L-105	0.00	0.00
L-107	1.75	0.00
L-108	0.90	1.95
L-109	0.00	0.00
L-111	0.25	0.75
L-112	0.00	0.00
L-113	0.65	0.00
L-114	2.00	0.00
L-115	0.50	0.00
Promedio	0.63	0.32

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

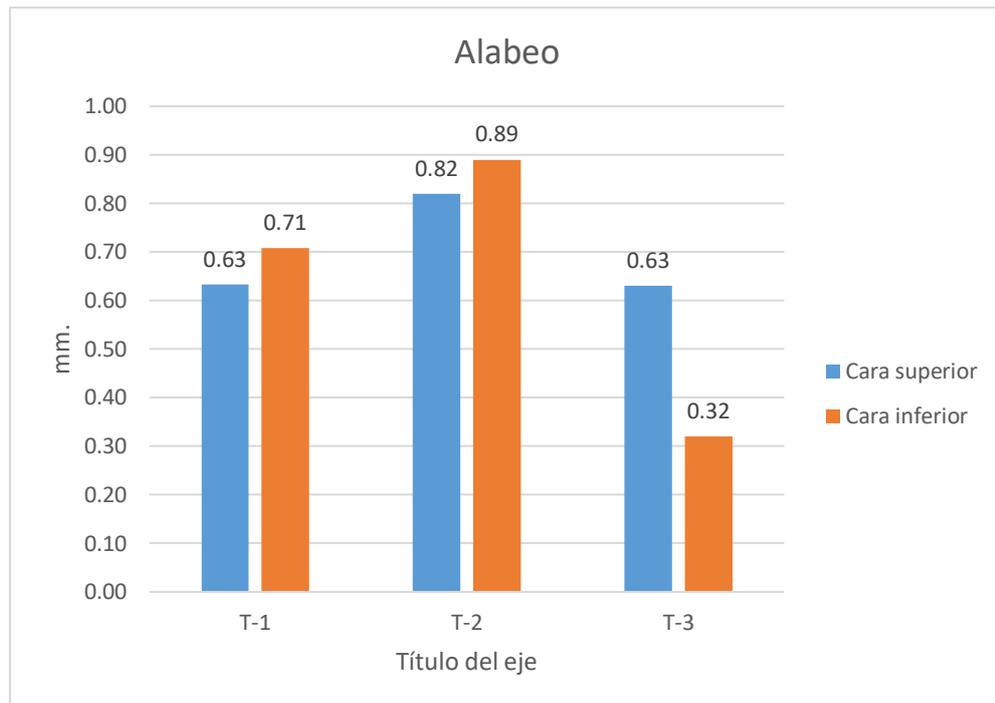


Figura 35. Medida del alabeo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El alabeo de las unidades o ladrillos para este estudio es de 0.89 mm.

### 3.7.5. Absorción.

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 23 @ Tabla 25, se procedió al cálculo de la absorción de los especímenes en agua fría, con el peso saturado después de 24 horas de ser sumergido.

Tabla 46

*Absorción en agua fría de ladrillos T-1.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Ws (Kg)	Absorción Agua fría
Unidades	Especimen			
L-05	E-1	1.620	2.025	25.00%
L-05	E-2	1.610	1.855	15.22%
L-08	E-3	1.535	1.780	15.96%
L-08	E-4	1.655	1.925	16.31%
L-06	E-5	1.420	1.645	15.85%
Promedio				17.67%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 47  
*Absorción en agua fría de ladrillos T-2.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Ws (Kg)	Absorción Agua fría
Unidades	Especimen			
L-22	E-1	1.810	2.090	15.47%
L-22	E-2	1.435	1.675	16.72%
L-52	E-3	1.335	1.540	15.36%
L-52	E-4	1.885	2.220	17.77%
L-95	E-5	1.335	1.540	15.36%
Promedio				16.14%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 48  
*Absorción en agua fría en ladrillos T-3.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Ws (Kg)	Absorción Agua fría
Unidades	Especimen			
L-102	E-1	1.325	1.660	25.28%
L-102	E-2	1.905	2.235	17.32%
L-107	E-3	1.460	1.725	18.15%
L-107	E-4	1.690	1.940	14.79%
L-111	E-5	1.285	1.495	16.34%
Promedio				18.38%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la misma forma con los datos registrados según la Tabla 26 @ Tabla 28, se procedió al cálculo de la absorción en agua caliente o absorción máxima, con los mismos especímenes que se sometieron para el cálculo de absorción en agua fría.

Tabla 49  
*Absorción en agua caliente en ladrillos T-1.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Wb (Kg) 24h.	Absorción Agua caliente
Unidades	Especimen			
L-05	E-1	1.620	2.200	35.80%
L-05	E-2	1.610	2.050	27.33%
L-08	E-3	1.535	1.905	24.10%
L-08	E-4	1.655	2.060	24.47%
L-06	E-5	1.420	1.785	25.70%
Promedio				27.48%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 50  
*Absorción en agua caliente en ladrillos T-2.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Wb (Kg) 24h.	Absorción Agua caliente
Unidades	Especimen			
L-22	E-1	1.810	2.170	19.89%
L-22	E-2	1.435	1.735	20.91%
L-52	E-3	1.335	1.735	29.96%
L-52	E-4	1.885	2.300	22.02%
L-95	E-5	1.335	1.600	19.85%
Promedio				22.52%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 51  
*Absorción en agua caliente de ladrillos T-3.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Wb (Kg) 24h.	Absorción Agua caliente
Unidades	Especimen			
L-102	E-1	1.325	1.780	34.34%
L-102	E-2	1.905	2.305	21.00%
L-107	E-3	1.460	1.785	22.26%
L-107	E-4	1.690	2.010	18.93%
L-111	E-5	1.285	1.575	22.57%
Promedio				23.82%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

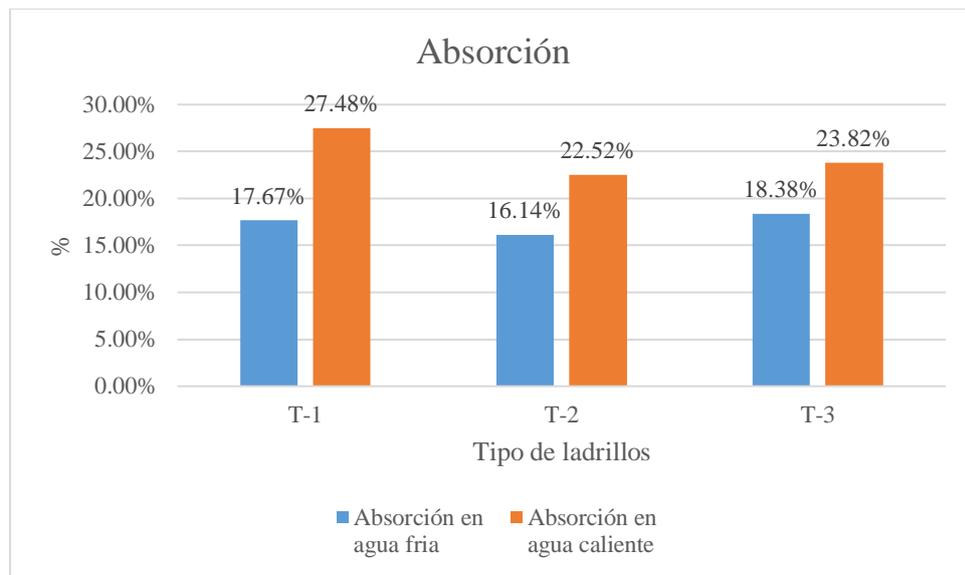


Figura 36. Absorción en agua fría y caliente.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.7.6. Coeficiente de saturación.

El coeficiente de saturación es producto de los resultados de la absorción en agua fría y caliente y de acuerdo a la Ecuación 3, se tiene los siguientes resultados:

Ecuación 5 Coeficiente de Saturación.

$$\text{Coeficiente de Saturación} = (W_s - W_d)/(W_b - W_d).$$

Tabla 52

*Coeficiente de saturación para ladrillos T-1.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Saturado Wb (Kg)	Coeficiente de saturación
Unidades	Especimen				
L-05	E-1	1.620	2.025	2.200	0.698
L-05	E-2	1.610	1.855	2.050	0.557
L-08	E-3	1.535	1.780	1.905	0.662
L-08	E-4	1.655	1.925	2.060	0.667
L-06	E-5	1.420	1.645	1.785	0.616
Promedio					0.640

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 53

*Coeficiente de saturación para ladrillos T-2.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Saturado Wb (Kg)	Coeficiente de saturación
Unidades	Especimen				
L-22	E-1	1.810	2.090	2.170	0.778
L-22	E-2	1.435	1.675	1.735	0.800
L-52	E-3	1.335	1.540	1.735	0.513
L-52	E-4	1.885	2.220	2.300	0.807
L-95	E-5	1.335	1.540	1.600	0.774
Promedio					0.734

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 54  
*Coefficiente de saturación para ladrillos T-3.*

Ladrillos		Peso Seco Wd (Kg)	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Saturado Wb (Kg)	Coeficiente de saturación
Unidades	Especimen				
L-102	E-1	1.325	1.660	1.820	0.677
L-102	E-2	1.905	2.235	2.325	0.786
L-107	E-3	1.460	1.725	1.930	0.564
L-107	E-4	1.690	1.940	2.105	0.602
L-111	E-5	1.285	1.495	1.635	0.600
Promedio					0.646

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

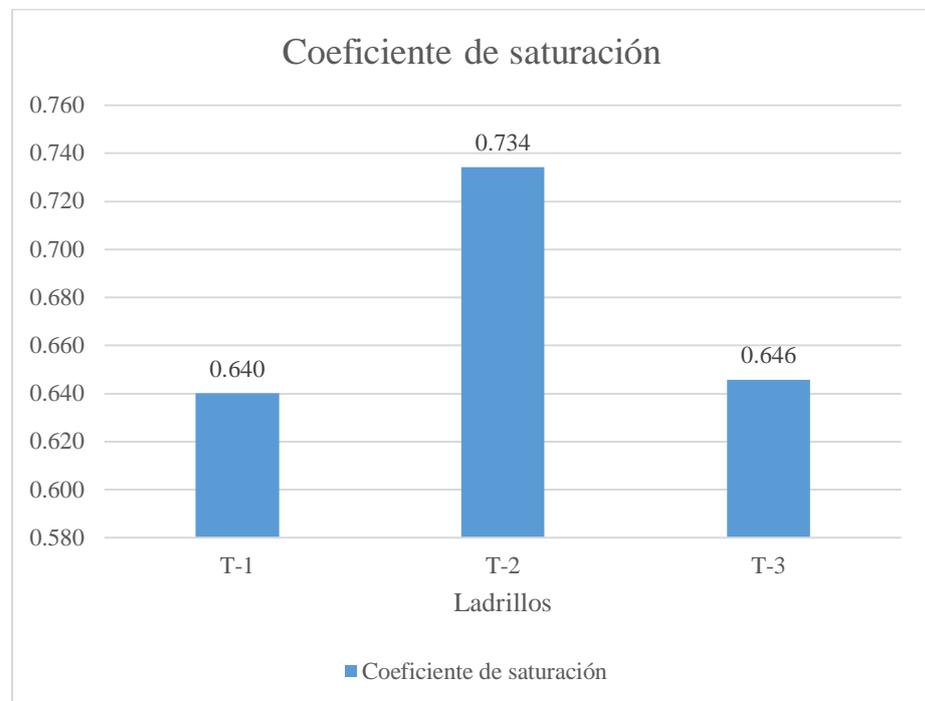


Figura 37. Coeficiente de saturación.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.7.7. Resistencia a la compresión.

Tabla 55

*Resultados de f'b de ladrillos T-1 con 90% de relave.*

Ladrillos	Ancho cm.	Largo cm.	Area cm2	Pu (Kg)	f'b (Kg/cm2)
Muestra	ap	lp			
L-2	23.58	13.92	328.16	17150	52.26
L-3	23.45	13.69	320.84	18360	57.22
L-4	23.38	13.74	321.17	17260	53.74
L-7	23.52	13.91	327.16	13380	40.90
L-10	23.66	14.01	331.36	17370	52.42
Promedio:					51.31
S: Desviación estándar:					6.153
f'b:					45.16
Coeficiente de variación:					11.99%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 56

*Resultados de f'b de ladrillos T-2 con 70% de relave.*

Ladrillos	Ancho cm.	Largo cm.	Area cm2	Pu (Kg)	f'b (Kg/cm2)
Muestra	ap	lp			
L-33	23.48	13.85	325.08	20220	62.20
L-35	23.59	13.87	327.01	22360	68.38
L-60	23.43	13.96	326.90	19430	59.44
L-74	23.72	14.06	333.43	21460	64.36
L-78	23.54	13.94	328.03	21570	65.76
Promedio:					64.03
S: Desviación estándar:					3.407
f'b:					60.62
Coeficiente de variación:					5.32%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 57  
*Resultados de f'b de ladrillos T-3 con 50% de relave.*

Ladrillos	Ancho cm.	Largo cm.	Area cm2	Pu (Kg)	f'b (Kg/cm2)
Muestra	ap	lp			
L-101	23.38	13.95	326.03	15810	48.49
L-103	23.66	13.71	324.19	16840	51.94
L-104	23.33	13.76	320.95	14680	45.74
L-106	23.61	13.88	327.59	14860	45.36
L-110	23.88	13.88	331.45	19170	57.84
Promedio:					49.87
S: Desviación estándar:					5.173
f'b:					44.70
Coeficiente de variación:					10.37%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 58  
*Resultados de f'b de ladrillos King Kong solido artesanal.*

Ladrillos	Ancho cm.	Largo cm.	Area cm2	Pu (Kg)	f'b (Kg/cm2)
Muestra	ap	lp			
KKA-01	12.19	21.09	257.09	11920	46.37
KKA-02	12.23	21.44	262.21	8240	31.43
KKA-03	12.02	21.12	253.76	9360	36.89
KKA-04	12.16	21.18	257.38	8650	33.61
KKA-05	12.15	21.27	258.43	7620	29.49
Promedio:					35.55
S: Desviacion estándar:					6.639
f'b:					28.91
Coeficiente de variación:					18.67%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Con los resultados obtenidos en las tablas anteriores se analizó la varianza de los diferentes grupos de ladrillos fabricados con relave minero.

Para el análisis de la varianza se utilizó el software IBM SPSS, donde el software permite identificar las variables dependientes o variable cuantitativa que son los  $f'b$ , de cada muestra de grupos y las variable independientes o variables categoría que son los grupos de ladrillos fabricados con cantidades manipulados de relave como son los (T-1, T-2 y T-3).

Uno de los requisitos es que los grupos cumplan con la prueba de la normalidad, lo cual se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59  
*Prueba de Normalidad f'b.*

	Tipo de Ladrillos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Compresión f'b (Kg/cm <sup>2</sup> )	T-1	0,362	5	0,031	0,829	5	0,138
	T-2	0,139	5	0,200*	0,996	5	0,996
	T-3	0,205	5	0,200*	0,895	5	0,383

a. Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

En las pruebas de la normalidad evaluado en ambos casos según la Tabla 59 el Sig.> 0.05 por lo que se admite la prueba de la normalidad.

También como otro requisito para el análisis de la varianza es la homogeneidad de varianzas como se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60  
*Prueba de homogeneidad de varianzas f'b.*

Compresión f'b (Kg/cm <sup>2</sup> )			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.373	2	12	0.696

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

Cumplido los requisitos básicos para el análisis de la varianza, entonces podemos seguir con el paso para el análisis de las varianzas de los diferentes grupos.

Tabla 61  
Análisis de la varianza  $f^b$ .

Compresión $f^b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	606.984	2	303.492	11.945	0.001
Intra-grupos	304.884	12	25.407		
Total	911.868	14			

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

Según la Tabla 61, en este caso el Sig. < 0.05, es decir que si existe diferencias en por lo menos en uno de los grupos y se anula la hipótesis nula.

Para la comparación múltiple de los grupos en un solo análisis se realizó por el análisis de HSD de Tukey como se observa en la Tabla 62.

Tabla 62  
Comparaciones  $f^b$  múltiples HSD de Tukey.

Compresión $f^b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )						
(I) Tipo de Ladrillo	(J) Tipo de Ladrillo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T-1	T-2	-12.72000*	3.18792	0.005	-21.2249	-4.2151
	T-3	1.43400	3.18792	0.895	-7.0709	9.9389
T-2	T-1	12.72000*	3.18792	0.005	4.2151	21.2249
	T-3	14.15400*	3.18792	0.002	5.6491	22.6589
T-3	T-1	-1.43400	3.18792	0.895	-9.9389	7.0709
	T-2	-14.15400*	3.18792	0.002	-22.6589	-5.6491

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

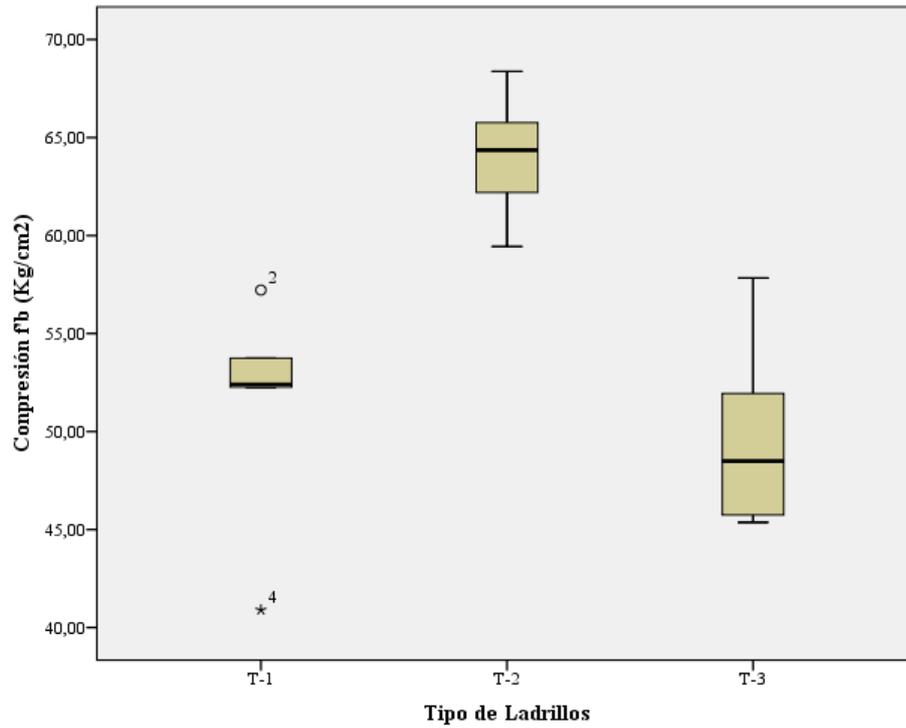


Figura 38. Diagrama de concentración de cajas de la media de los grupos f'c.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

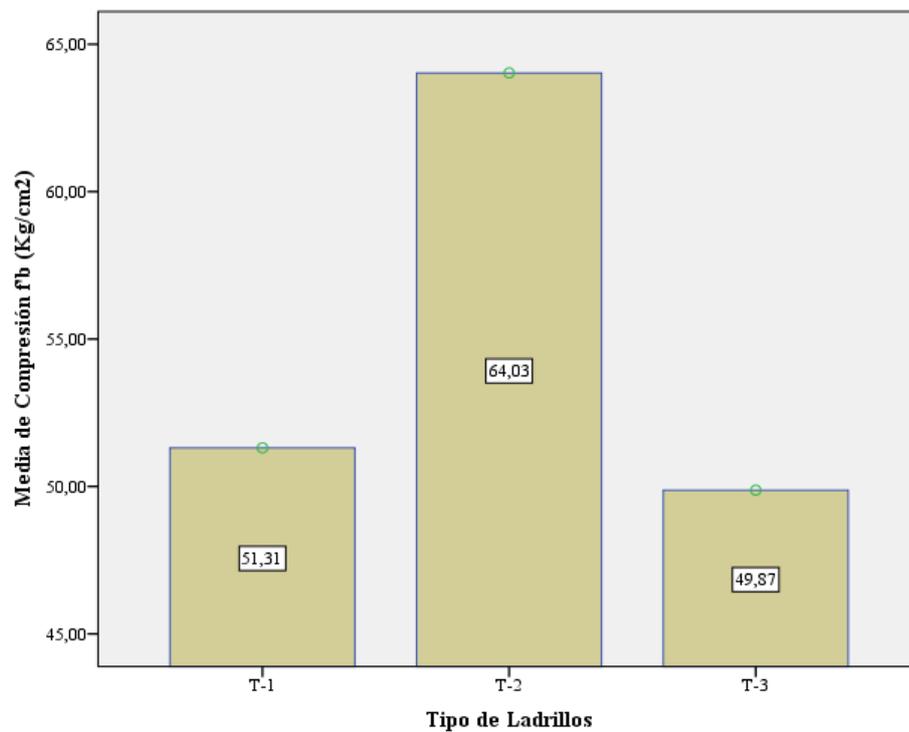


Figura 39. Gráfico de las medianas f'c.  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

### 3.7.8. Ensayos según Norma NTP 399.605, Método de Ensayo para la determinación de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería.

Tabla 63

*Resultados de  $f_m$  de ladrillos con 90% de relave.*

Pilas	Largo	Ancho	Alto	hp./tp.	CC.	Area: lp. x tp.	Pu (Kg)	$f_m =$ Pu/A	$f_m$ corregido
	cm. lp.	cm. tp.	cm. hp.						
P-1	23.94	13.74	30.25	2.20	0.759	328.82	12350	37.56	28.52
P-2	23.72	13.58	30.34	2.23	0.773	322.12	13360	41.48	32.07
P-3	23.51	13.94	30.14	2.16	0.742	327.61	12410	37.88	28.10
Promedio:									29.56
S: Desviación estándar:									2.181
$f_m$ :									27.38
Coeficiente de variación:									7.38%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 64

*Resultados de  $f_m$  de ladrillos con 70% de relave.*

Pilas	Largo	Ancho	Alto	hp./tp.	CC.	Area: lp. x tp.	Pu (Kg)	$f_m =$ Pu/A	$f_m$ corregido
	cm. lp.	cm. tp.	cm. hp.						
P-1	23.62	13.95	33.12	2.38	0.836	329.31	18300	55.57	46.44
P-2	23.43	13.96	32.01	2.29	0.800	326.90	18620	56.96	45.55
P-3	24.03	14.04	30.60	2.18	0.749	337.38	16680	49.44	37.04
Promedio:									43.01
S: Desviación estándar:									5.187
$f_m$ :									37.82
Coeficiente de variación:									12.06%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 65

*Resultados de  $f_m$  de ladrillos con 50% de relave.*

Pilas	Largo	Ancho	Alto	hp./tp.	CC.	Area: lp.xtp.	Pu (Kg)	$f_m =$ Pu/A	$f_m$ corregido
	cm. lp.	cm. tp.	cm. hp.						
P-1	23.33	13.95	31.28	2.24	0.777	325.27	11630	35.76	27.79
P-2	23.61	13.71	30.60	2.23	0.773	323.58	8840	27.32	21.11
P-3	23.88	13.76	32.23	2.34	0.821	328.59	11350	34.54	28.36
Promedio:									25.76
S: Desviación estándar:									4.035
$f_m$ :									21.72
Coeficiente de variación:									15.67%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Para el análisis de la varianza se utilizó el software IBM SPSS, donde el software permite identificar las variables dependientes o variable cuantitativa que son los  $f'm$ , de cada de cada muestra de grupos o variable independientes o variables categoría quienes son los grupos de prismas fabricados con ladrillos con cantidades manipulados de relave como son los ladrillos (T-1, T-2 y T-3).

Las pruebas que debe cumplir para análisis de la varianza, se expresan en las siguientes tablas:

Tabla 66  
*Prueba de Normalidad  $f'm$ .*

	Pilas con diferentes tipos de ladrillos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Compresión en Prismas $f'm$	P-1	0,350	3	.	0,828	3	0,184
	P-2	0,354	3	.	0,820	3	0,164
	P-3	0,360	3	.	0,809	3	0,135

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

Tabla 67  
*Prueba de homogeneidad de varianzas  $f'm$ .*

Compresión en Prismas $f'm$			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.176	2	6	0.195

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

Cumplido los requisitos básicos para el análisis de la varianza, entonces podemos seguir con el paso para el análisis de las varianzas de los diferentes grupos.

Tabla 68  
*Análisis de la varianza f<sub>m</sub>.*

Compresión en Prismas <i>f<sub>m</sub></i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	493.121	2	246.561	15,430	0.004
Intra-grupos	95.874	6	15.979		
Total	588.995	8			

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

En este caso el nivel de significancia Sig. < 0.05, es decir que si existe diferencias estadística en por lo menos en uno de estos grupos y por lo tanto se anula la hipótesis nula, determinado la existencia de diferencia en por lo menos en uno de los grupos se procede a la comparación múltiple de los grupos en un solo análisis de la varianza por el análisis de HSD de Tukey como se observa en la **Tabla 69**.

**Tabla 69**  
*Comparaciones f<sub>m</sub> múltiples HSD de Tukey.*

Compresión en Prismas <i>f<sub>m</sub></i>						
(I) Pilas con diferentes tipos de ladrillos	(J) Pilas con diferentes tipos de ladrillos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
P-1	P-2	-13.44667*	3.26384	0.015	-23.4610	-3.4323
	P-3	3.81000	3.26384	0.512	-6.2044	13.8244
P-2	P-1	13.44667*	3.26384	0.015	3.4323	23.4610
	P-3	17.25667*	3.26384	0.004	7.2423	27.2710
P-3	P-1	-3.81000	3.26384	0.512	-13.8244	6.2044
	P-2	17.25667*	3.26384	0.004	-27.2710	-7.2423

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

Tabla 70

Medias en subconjuntos homogéneos en f'm, HSD de Tukey.

Pilas con diferentes tipos de ladrillos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P-3	3	25.7533	
P-1	3	29.5633	
P-2	3		43.0100
Sig.		0.512	1.000

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

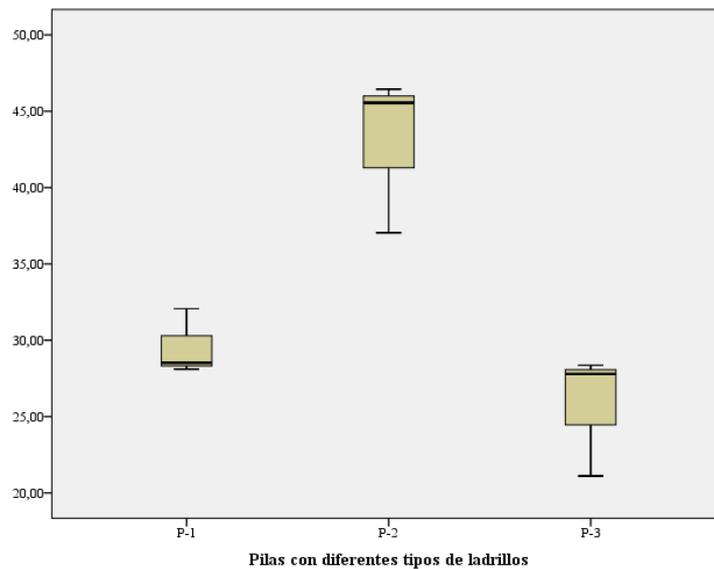


Figura 40. Diagrama de concentración de cajas de la media de los grupos f'm.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

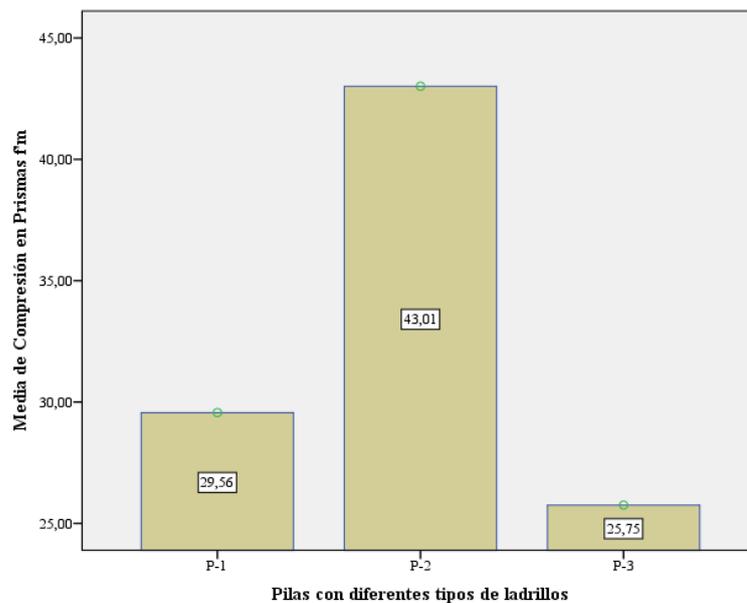


Figura 41. Gráfico de las medianas f'm.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS.

##### 4.1.1. Propiedades Físicas.

El logro del objetivo en determinar las propiedades físicas se muestra con los siguientes resultados, de acuerdo a la Tabla 40 @ Tabla 42 de la variación dimensional se obtiene que los resultados de la variación dimensional en los ladrillos T-1 se clasifica como un ladrillos tipo V, los ladrillos T-2 se clasifica como un ladrillo tipo IV y el ladrillos T-3 se clasifica como un ladrillo tipo V, como se muestra en la Tabla 71.

Tabla 71

*Clasificación de la variación dimensional según norma.*

Ladrillo	L (Cm.)	L (%)	A (Cm.)	A (%)	H (Cm.)	H (%)	clasificación según norma RNE E-070
T-1	23.97	1.31%	13.80	1.63%	10.15	2.87%	Tipo V
T-2	23.60	0.35%	13.98	0.79%	10.15	3.77%	Tipo IV
T-3	23.71	1.77%	13.95	1.45%	10.07	2.54%	Tipo V

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El ensayo de variación dimensional, determina también el espesor de las juntas de la albañilería. Se debe mencionar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo requerido de 10 mm, la resistencia a compresión disminuye en 15% aproximadamente, el espesor de las juntas horizontales debe ser 4mm más dos veces la desviación estándar de la altura de la unidad, para muros ya sea de cabeza o de soga se determinó el espesor de la hilada con respecto a la altura H de los tres tipos de ladrillos siendo esto su desviación estándar en centímetros como se muestra en la Tabla 72.

Tabla 72  
*Calculo del espesor de la junta de albañilería.*

Ladrillo	Desviación Estándar (mm)	Junta calculada = $4\text{mm}+2*\delta$ (mm)
T-1	3.83	11.65
T-2	2.91	9.82
T-3	2.56	9.12

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En cuanto el alabeo según la Tabla 43 @ Tabla 45 valores promedio de alabeo. Se obtuvo como resultado 0.63mm. para los ladrillos T-1, 0.89mm. para los ladrillos T-2 y 0.71mm. para los ladrillos T-3, esto debido a que se asume el máximo alabeo que es en la cara inferior y se clasifico de acuerdo a la tabla siguiente.

Tabla 73  
*Clasificación según la variación dimensional y alabeo según RNE.*

Ladrillo	alabeo	clasificacion de norma RNE E-070
T-1	0.63	Ladrillo tipoV
T-2	0.89	Ladrillo tipoV
T-3	0.71	Ladrillo tipoV

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

La absorción de acuerdo a la según la Tabla 46 @ Tabla 54 absorción en agua fría y caliente, así como el coeficiente de saturación de los ladrillos T-1, T-2 y T-3. Estas dan como resultado según la Tabla 74.

Tabla 74  
*Resumen de resultados de absorción y coeficiente de saturación.*

Ladrillos	Absorción en agua fria	Absorción en agua caliente	Coficiente de saturación
T-1	14.94%	19.14%	0.640
T-2	13.89%	18.31%	0.734
T-3	15.45%	19.09%	0.646

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En cuanto a la eflorescencia se pudo observar que no existen variaciones en cuanto a la inspección visual.

#### 4.1.2. Propiedades Mecánicas.

##### Resistencia a la compresión.

El logro del objetivo en determinar las propiedades mecánicas, la resistencia a compresión en unidades de albañilería de los 3 tipos de ladrillos fabricados con cantidades de relave estas presentaron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 75.

Tabla 75  
*Resultados de la media o promedio de resistencia a compresión  $f'b$ .*

	T-1	T-2	T-3
Promedio Kg/cm <sup>2</sup> :	51.92	64.03	49.87
S: Desviación estándar:	4.880	3.407	5.173
$f'b$ :	47.04	60.62	44.70
Coefficiente de variación:	9.40%	5.32%	10.37%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El  $f'b$  es la diferencia del promedio y la desviación estándar, ya que como la desviación estándar es el margen de aproximación de los resultados tanto para la izquierda y la derecha en la curva de la normal, es por eso que se resta dando un factor de seguridad para asumir el  $f'b$ .

Tabla 76  
*Medias en subconjuntos homogéneos en  $f'b$ , HSD de Tukey.*

Tipo de Ladrillos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T-3	5	49,87	
T-1	5	51,92	
T-2	5		64,03
Sig.		,895	1,000

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

En el análisis de la varianza en los subconjuntos homogéneos estos se representa en la Tabla 76, se muestra que los ladrillos T-3 y T-1, están en un subconjunto 1, se determinó que no existe diferencias significativa y son iguales estadísticamente, y sin embargo los ladrillos T-2, están en otro subconjunto y que se diferencian entre otros, esto es bajo el análisis de sus varianzas.

Tabla 77

*Clasificación de los ladrillos según su resistencia a compresión.*

CLASE	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'b$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta	TIPO DE LADRILLO CON RELAVE:
Ladrillo I	4.9 (50)	T-2 (60.62)
Ladrillo II	6.9 (70)	
Ladrillo III	9.3 (95)	
Ladrillo IV	12.7 (130)	
Ladrillo V	17.6 (180)	
Bloque P (1)	4.9 (50)	
Bloque P (2)	2.0 (20)	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, RNE E-070.

Como se observa, en la tabla solo los ladrillos T-2, ladrillos con 70% de relave están dentro de la clasificación del RNE, como ladrillo **tipo I**, con  $f'b = 60.62$  Kg/cm<sup>2</sup> y los ladrillos T-1 y T-3 no llegan al mínimo para calificarlos.

**Ensayos según Norma NTP 399.605, Método de Ensayo para la determinación de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería.**

La resistencia a compresión en prismas de unidades de albañilería de los 3 tipos de ladrillos fabricados con cantidades de relave estas presentaron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 78.

Tabla 78  
*Resultados promedio de resistencia a compresión en prismas  $f_m$ .*

	P-1	P-2	P-3
Promedio Kg/cm <sup>2</sup> :	29.56	43.01	25.76
S: Desviación estándar:	2.181	5.187	4.035
$f_m$ :	27.38	37.82	21.72
Coefficiente de variación:	7.38%	12.06%	15.67%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El  $f_m$  es la diferencia del promedio y la desviación estándar ya que, como la desviación estándar es el margen de aproximación de los resultados tanto para la izquierda y la derecha en la curva de la normal, y por eso que se resta dando un factor de seguridad para asumir el  $f_m$ .

Tabla 79  
*Medias en subconjuntos homogéneos en  $f_m$ , HSD de Tukey.*

Pilas con diferentes tipos de ladrillos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
P-3	3	25.76	
P-1	3	29.56	
P-2	3		43.01
Sig.		0.512	1.000

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, IBM SPSS.

En el análisis de la varianza en los subconjuntos homogéneos estos se representa en la Tabla 79, se muestra que los prismas P-3 y P-1, están en un subconjunto conjunto 1, ósea que no existe diferencias significativa y son iguales estadísticamente, y sin embargo los prismas con ladrillos P-2, están en otro subconjunto y que se diferencian entre otros.

#### 4.2. DISCUSIÓN.

Según el RNE E.070 en la Tabla 2 limitaciones en el uso de la unidad en albañilería. El uso del ladrillo fabricado con relaves mineros por su naturaleza de fabricación

artesanalmente, esta se limita en la no utilización en muros portantes de 4 pisos a más, de las zonas sísmicas 2 y 3, pero si en edificios de 1 a 3 pisos, sin embargo, en la zona sísmica 1 se puede utilizar en todo el edificio como muro portante.

Con los resultados obtenidos en la absorción de los ladrillos con relaves mineros T-2 de la cual se obtuvo 13.89% de absorción, es aceptable según (Norma Técnica E.070, 2006) , en la cual indica que la absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no excederá mayor que 22%.

En la (Norma Técnica E.070, 2006), muestra la Tabla 80, muestra los valores teóricos en caso de no realizarse los ensayos de compresión en unidades y prismas contruidos con morteros de 1:4 cuando las unidades de albañilería son de arcilla.

Tabla 80  
*Resistencia característica de la albañilería.*

RESISTENCIAS CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERÍA				
Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD <i>f'b</i>	PILAS <i>f'm</i>	MURETES <i>v'm</i>
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor *f* se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f = 13,72$  MPa (140 kg cm ).

Fuente: RNE E.070.

Como vemos el valor teórico para las unidades (*f'b*) y prismas (*f'm*) de ladrillos King Kong artesanal es de 55 y 35 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y comparando con los valores

obtenidos de los ladrillos T-1  $f'b = 47.04 \text{ Kg/cm}^2$ , esto llega al 85.53% del valor teórico, en cuanto al T-2  $f'b = 60.62 \text{ Kg/cm}^2$ , supera al valor teórico llegando al 110.22% y en cuanto al T-3  $f'b = 44.70 \text{ Kg/cm}^2$ , que viene a ser un 81.27% del valor teórico.

#### 4.3. VIABILIDAD DEL PROYECTO.

##### 4.3.1. Alcance del Proyecto.

Para el uso de los relaves mineros del sector de Chaquiminas, como materia prima para la fabricación de unidades de albañilería, existen limitaciones geográficas, debido a que se encuentra alejado a las zonas urbanas y en donde se desarrolla con evolución sostenible el rubro de la construcción, como son las principales ciudades la región como Puno y Juliaca, a pesar de la lejanía, la ubicación de los relaves mineros cuenta con acceso directo de la carretera PU-34H carreta Juliaca Sandia y Juliaca Ananea y está próximo a ciudades como Ananea, La Rinconada, San Antonio de Putina y Sandia, estas ciudades son distritos y en algunos casos sedes de Provincia y que en la actualidad se encuentra en crecimiento poblacional y en consecuencia el crecimiento de la construcción y la demanda de los materiales de construcción como los ladrillos.

Tabla 81

*Distancia en Km. con respecto a la ubicación de los relaves mineros.*

Ciudades	Distancia en Km.
Ananea	3.00
La Rinconada	17.00
San Antonio de Putina	56.00
Sandia	87.00
Juliaca	140.00
Puno	183.00

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En cuanto a la Ley N° 28071 ley que regula los pasivos ambientales mineros, estos pasivos ambientales son de responsabilidad de los titulares de las



concesiones mineras a la cual pertenezca siempre y si estas cancelara la concesión, el estado asumirá progresivamente estos pasivos ambientales, la responsabilidades consiste en la presentación de un plan de cierre de pasivos ambientales, consiste en realizar los estudios, acciones y obras correspondientes para controlar, mitigar y eliminar, en lo posible, los riesgos y efectos contaminantes y dañinos a la población y al ecosistema en general, de no presentar el plan de cierre de pasivos ambientales mineros los titulares están en riesgo a ser multados hasta 600 UIT.

En su artículo 11, de la presente ley indica que estos pasivos ambientales mineros son susceptibles a reaprovecharlos ya sea por el titular de la concesión o por terceros, donde deberá solicitarse y ejecutarse considerando medidas de manejo ambiental, mitigación, remediación y cierre.

En el plan de cierre de pasivos ambientales mineros que demanda la ley, es factible la implementación de una fábrica ya sea artesanal o industrial para la reutilización de los relaves mineros mediante la fabricación de unidades de albañilería, como lo indica la presente investigación y como manejo de y reutilización de estos relaves mineros sin perjuicio ambientales y en cuanto al financiamiento a fin de solventar la remediación de los pasivos ambientales que el Estado asuma según el artículo 5 de la presente Ley, serán financiados por el Fondo Nacional del Ambiente - FONAM, quien se encargará de captar la cooperación financiera internacional, donaciones, canje de deuda y otros recursos a fin de no afectar el Tesoro Público.

#### 4.3.2. Potencia de los Relaves Mineros.

En la minera Calizaya donde se hizo la investigación, existían 5 pozas de lodo predisuestas para su posterior mitigación, según la tabla siguiente se muestra el volumen total de los relaves mineros.

Tabla 82  
*Volúmenes de las pozas de relave minero.*

Pozas	Área (m <sup>2</sup> )	Profundidad promedio (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	7,947.96	8	63,583.71
2	1,864.51	8	14,916.04
3	5,083.09	8	40,664.73
4	2,456.31	8	19,650.45
5	8,069.60	8	64,556.77
Volumen total			203,371.70

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Si consideramos que de 1.91 m<sup>3</sup> (según anexo 12), de relave minero que produce 1 millar de ladrillos tendríamos un equivalente de 106,477.33 millares, esto sin considerar todas las actividades mineras que existe en el sector de Chaquiminas y considerando que actualmente hay 14 mineras formalizadas y otras en proceso de formalización además de las minas informales, es por lo cual está garantizado la materia prima.

#### 4.3.3. Evaluación de la Viabilidad.

En la evaluación se consideró la rentabilidad económica en la fabricación de los ladrillos con relaves mineros con una planta de fabricación artesanal, con respecto a una ladrillera artesanal que se encuentran en las periferias de las ciudades como lo son en la ciudad de Puno y Juliaca y también considerando a las ciudades que no cuentan con ladrilleras la cual tienen que transportarlos con costo de flete terrestre.

En la ladrillera de salcedo Puno, la obtención de la materia prima como la arcilla, es extraída en la misma zona, pero la depredación del suelo extraído ha causado la su limitación en la expansión del terreno en la cual son poseionarios, es por lo cual los ladrilleros compran este material a transportistas quienes traen la arcilla de lugares alejados de las ladrilleras, el monto que se paga por un camión de 4 M3 de arcilla es de 220 soles aproximadamente, lo cual nos daría un monto de 55 soles por M3, y considerando este monto se hizo el análisis de precios unitarios para la extracción de la materia prima.

Para el caso del proyecto y con la adquisición de los permisos de reutilización de pasivos ambientales mineros con el fin de mitigación y remediación ambiental, estos relaves mineros no tendrían costo alguno y además se encuentran en abundancia como se determinó en los volúmenes de las pozas de relave, además estas no tienen que ser desmembrado y desterronado ya que el material esta suelto y solo sería necesario trasladarlos con herramientas manuales para su posterior amasado.

Tabla 83  
*Precios unitarios de extracción materia prima.*

Partida:	1.00 OBTENCION MATERIA PRIMA					
Especifica.:	comprende el desmenbramiento de la materia prima y su desterronado					
Und.	M3					
Rend.	3 M3/dia	P. Base	1.00	Peon		
Insumos		Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	Materiales					
1.10	Arcilla (materia Prima)	M3	1.00	55.00	55.00	55.00
2.00	Mano de Obra					
2.10	Peon	hh.	2.67	6.00	16.02	16.02
3.00	Equip/Herramientas					
3.10	Herramientas	%	3.00	16.02	0.48	0.48
						<b>71.50</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Si para el caso de una concesión minera con actividades vigentes en la zona el responsable debería mitigar estos pasivos ambientales de acuerdo como indica la ley 28271, para esto el mismo responsable implantaría una planta de fabricación de ladrillos con los relaves mineros.

Tabla 84  
*Precio unitario de extracción materia prima dispuesto el relave minero.*

Partida: 1.00 EXTRACCION DEL RELAVE MINERO						
Especifica.:	comprende el desmenbramiento de la materia prima y su desterronado					
Und.	M3					
Rend.	3 M3/día	P. Base	1.00	Peon		
Insumos		Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	<b>Materiales</b>					
1.10	Relave minero	M3	1.00	0.00	0.00	0.00
2.00	<b>Mano de Obra</b>					
2.10	Peon	hh.	2.67	6.00	16.02	16.02
3.00	<b>Equip/Herramientas</b>					
3.10	Herramientas	%	3.00	16.02	0.48	0.48
						<b>16.50</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Para la dosificación, mezclado y amasado es necesario el uso del material como el aserrín como una adición que además permitirá mejorar la cocción, como precio unitario se obtiene 60.47 soles que incluye mano de obra y herramientas manuales.

Tabla 85  
*Precios unitarios dosificación mezclado y amasado.*

Partida:		2.00 DOCIFICACION, MEZCLADO Y AMASADO				
Especifica.:		comprende la dosificacion mezcla y amasado.				
Und.	MILLAR					
Rend.	3 MIL/dia	P. Base	1.00	Peon +	0.50	Oficial
Insumos		Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	<b>Materiales</b>					
1.10	Aserrin	M3	0.40	23.00	9.20	33.70
1.20	Arena fina y otros	M3	0.70	35.00	24.50	
2.00	<b>Mano de Obra</b>					
2.10	Oficial	hh.	1.33	7.50	9.98	26.00
3.10	Peon	hh.	2.67	6.00	16.02	
3.00	<b>Equip/Herramientas</b>					
3.10	Herramientas	%	3.00	26.00	0.78	0.78
						<b>60.47</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 86  
*Precios unitarios moldeado de las unidades.*

Partida:		3.00 MOLDEADO DE LAS UNIDADES				
Especifica.:		comprende el moldeo de los ladrillos humedos				
Und.	MILLAR					
Rend.	3 MIL/dia	P. Base	1.00	Peon +	0.50	Oficial
Insumos		Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	<b>Materiales</b>					
1.10	Arena fina	M3	0.25	25.00	6.25	6.25
2.00	<b>Mano de Obra</b>					
2.10	Oficial	hh.	1.33	7.50	9.98	26.00
2.20	Peon	hh.	2.67	6.00	16.02	
3.00	<b>Equip/Herramientas</b>					
3.10	Herramientas	%	3.00	26.00	0.78	0.78
						<b>33.02</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 87  
*Precios unitarios secado y traslado a boca de horno.*

Partida:	4.00 SECADO Y TRASLADO A BOCA DE HORNO					
Especifica.:	comprende el volteado, apilado y transporte a boca de horno					
Und.	MILLAR					
Rend.	4.5 MIL/día	P. Base	1.00	Peon		
Insumos		Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	Materiales					
2.00	Mano de Obra					
2.10	Peon	hh.	1.78	6.00	10.68	10.68
3.00	Equip/Herramientas					
3.10	Herramientas	%	3.00	10.68	0.32	0.32
						<b>11.00</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 88  
*Precio unitario calcinados de las unidades.*

Partida:	5.00 CALCINADO DE LAS UNIDADES					
Especifica.:	Comprende el horneado y apilado por 5 a 8 días consecutivos.					
Und.	MILLAR					
Rend.	9 MIL/día	P. Base	1.00	Peon +	1.00	Oficial
Insumos		Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	Materiales					
1.10	Leña	Cam.	0.03	5.00	0.15	33.90
1.20	Guano	M3	0.45	75.00	33.75	
2.00	Mano de Obra					
2.10	Oficial	hh.	2.26	7.50	16.95	23.70
2.20	Peon	hh.	1.13	6.00	6.75	
3.00	Equip/Herramientas					
3.10	Herramientas	%	3.00	23.70	0.71	0.71
						<b>58.31</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### Costo de producción.

El costo de producción de ladrilleras en las ciudades de Puno y Juliaca, por millar de ladrillos es de S/. 300.21 nuevos soles a noviembre del 2018, incluyendo todos los insumos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 89  
*Costo de producción por millar de las ladrilleras.*

ITEM	Actividad			Materiales		Mano de obra		Herramientas	
		UND.	X ML	P. unit.	P. parc.	P. unit.	P. parc.	P. unit.	P. parc.
1.00	Extraccion materia prima	M3	1.91	55.00	105.05	16.02	29.96	0.90	1.68
2.00	Dosificación, mezclado y amasado	MIL	1.00	33.70	33.70	26.00	26.00	0.78	0.78
3.00	Moldeado y tendido de las unidades	MIL	1.00	6.25	6.25	26.00	26.00	0.78	0.78
4.00	Secado y traslado a boca de horno	MIL	1.00	0.00	0.00	10.68	10.68	0.32	0.32
5.00	Calcinado de unidades	MIL	1.00	33.90	33.90	23.70	23.70	0.71	0.71
SUB TOTAL					178.90	116.33		4.27	
TOTAL COSTO DE PRODUCCION POR MILLAR: S/.							300.21		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El costo de producción de ladrillos con relaves mineros con una planta artesanal instalado en la mina, por millar de ladrillos es de S/. 194.45 nuevos soles a noviembre del 2018, incluyendo todos los insumos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 90  
*Costo de producción por millar con disposición de relave minero.*

ITEM	Actividad			Materiales		Mano de obra		Herramientas		
		UND.	X ML	P. unit.	P. parc.	P. unit.	P. parc.	P. unit.	P. parc.	
1.00	Extracción materia prima (relave)	M3	1.91	0.00	0.00	16.02	29.96	0.90	1.68	
2.00	Dosificación, mezclado y amasado	MIL	1.00	33.70	33.70	26.00	26.00	0.78	0.78	
3.00	Moldeado y tendido de las unidades	MIL	1.00	6.25	6.25	26.00	26.00	0.78	0.78	
4.00	Secado y traslado a boca de horno	MIL	1.00	0.00	0.00	10.68	10.68	0.32	0.32	
5.00	Calcinado de unidades	MIL	1.00	33.90	33.90	23.70	23.70	0.71	0.71	
SUB TOTAL					73.85		116.33		4.27	
TOTAL COSTO DE PRODUCCION POR MILLAR: S/.								194.45		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **Transporte a puntos de ventas.**

Para el análisis del costo de transporte se consideró con un camión de 5 toneladas de capacidad que transportara a los puntos de venta cercanos a los relaves mineros donde se realizarían la fabricación de ladrillos artesanales, como son las ciudades según la Tabla 81, estas ciudades cercanas es donde se concentrarían el mercado más viable por su cercanía a los relaves mineros, según el análisis de precios unitario de transporte a puntos de ventas, obtenemos 2.64 soles por kilómetro, a noviembre del 2018.

Tabla 91  
*Precio unitario transporte al punto de venta.*

Partida:		6.00 TRANSPORTE AL PUNTO DE VENTA				
Especifica.:	transporte de los ladrillos de la fabrica a los puntos de venta X 2 MILL.					
Und.	Kilometro					
Rend.	120 Km/dia	P. Base	1.00	Ope		
	Insumos	Und.	Cant.	P. Unit	P. Parc.	Sub-Total
1.00	Materiales					
1.10	Diesel (petroleo)	Gl.	0.05	12.50	0.63	0.63
2.00	Mano de Obra					
2.10	Operador chofer	hh.	0.07	10.00	0.67	0.67
3.00	Equip/Herramientas					
3.10	Camion Cap 5 TON.	hm.	0.07	20.00	1.34	1.34
						2.64

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.3.4. Costo Beneficio.

Para una planta de fabricación de ladrillos artesanales instalado en la mina donde se extrae directamente los relaves mineros y una vez terminado el producto final, cuyo costo de producción por millar sería de 194.63 nuevos soles, y para un vehículo de transporte cuya capacidad es de 5 Toneladas quien transportaría 2 millares de ladrillos a los puntos de venta más cercanos, el precio de venta variará de acuerdo a la zona y el mercado, sin embargo el precio de mercado de ladrillos King Kong artesanales en la ciudad de Puno y Juliaca es de 450.00 nuevo soles (según anexo G-1) y teniendo como referencia este precio de venta se puede mostrar en la Tabla 92, que existe utilidades en la posible venta en los puntos de venta pese a la distancia y considerando el costo de transporte de carga a las ciudades alejadas como Puno y Juliaca.

Si bien resulta poco beneficioso la venta en las ciudades alejadas como Puno y Juliaca, pero aun así estos son mercados importantes de la región y su beneficio estaría reflejado en la cantidad de millares vendidos, pero en cuanto a los puntos de

venta como en las ciudades cercanas como Ananea y Sandía resulta ser muy rentables dejando utilidades considerables.

Tabla 92  
*Utilidades de una posible fábrica artesanal en los relaves.*

Ciudades	Distancia en Km.	P. Unit. X Km.	P. transporte	P. Producción de 2 millares	P. total	P. en mercado 2 millares	Utilidades
Ananea	3.00	2.64	7.92	390.33	398.25	900.00	501.75
La Rinconada	14.00	2.64	36.96	390.33	427.29	900.00	472.71
San Antonio de Putina	56.00	2.64	147.84	390.33	538.17	900.00	361.83
Sandía	87.00	2.64	229.68	390.33	620.01	900.00	279.99
Juliaca	140.00	2.64	369.60	390.33	759.93	900.00	140.07
Puno	183.00	2.64	483.12	390.33	873.45	900.00	26.55
						TOTAL	1,782.93

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.3.5. Volumen de Producción.

De la Tabla 82, se obtuvo un volumen de las pozas de relave que es de 203,371.70 M3, si representamos este volumen de relave minero con el número de millares de ladrillos que vendría a ser 1.91 M3 de relave minero por millar de ladrillos, lo cual tendríamos 106,477.33 millares de ladrillos y si consideramos el precio del millar por 450.00 nuevo soles esto equivaldría, S/. 47,914,798.50 nuevos soles.

## V. CONCLUSIONES

**Hipótesis General:** En lo general los ladrillos fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, cumplen con los requisitos requeridos para la albañilería y de acuerdo a los resultados obtenidos, su uso en construcción es apto en construcciones de servicios con exigencias mínimas a moderadas, ya que su clasificación según su resistencia a la compresión es de ladrillo tipo I, del ladrillo fabricado con 70% de relave minero T-2, este tipo de ladrillo puede ser utilizado en construcciones con muros portantes de 1 a 3 pisos de edificaciones y viviendas siempre y cuando estén en las zonas sísmicas 2 y 3, la región de Puno se encuentra dentro de las zonas sísmicas 2 y 3, lo cual es factible su uso del ladrillo T-2 en la región.

**Hipótesis específico 1:** La adición de relaves mineros en la fabricación de ladrillos artesanalmente, influye en las propiedades físicas como son la medida del tamaño, medida del alabeo y la absorción definiendo al ladrillo fabricado artesanalmente con relave minero T-2, como un ladrillo tipo IV, y en cuanto a los ladrillos T-2 y T-3, como ladrillos tipo V, además se asume que las medidas de tamaño y alabeo son factores simétricos definidos del producto de la calidad de fabricación en el moldeado del ladrillo, que en este caso es artesanal, pero la resistencia a compresión es un factor determinado por el material y la calidad de los insumos utilizados para la fabricación de ladrillo..

**Hipótesis específico 2:** La adición del relave minero influye también en las propiedades mecánicas como se observa en los resultados de la resistencia a compresión simple de ladrillos ( $f^b$ ) y la resistencia a compresión en prismas ( $f^m$ ), estos resultados varían de acuerdo a la cantidad de relave minero que se adiciono al ladrillo, teniendo como mejores resultados al ladrillo T-2 teniendo como  $f^b = 60.62 \text{ Kg/cm}^2$ , dándole una

clasificación según norma E-070 como ladrillo tipo I y en cuanto a los ladrillos T-1 y T-3 no llegan a la clasificación según norma E-070.

**Conclusión 1:** De acuerdo a los ensayos obtenidos a la resistencia de compresión de ladrillos King Kong solido artesanal que se encuentra actualmente en el mercado y los ensayos de compresión de ladrillos con relaves mineros, se obtuvo según la Tabla 58 como  $f'b=28.91$  Kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos artesanales solidos existentes en el mercado, esto comparado con los resultados obtenidos con los ladrillos fabricados con relave minero queda en evidencia que los ladrillos con relaves mineros son superiores en todo los casos, superando así en más del 100% de su resistencia de la compresión del ladrillo artesanal existente en el mercado, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 93  
*Cuadro de comparación con ladrillo existente.*

Ladrillo	f'b	% con respecto a KKA
KKA <sup>(*)</sup>	28.91	100.00%
T-1	47.04	162.68%
T-2	60.62	209.65%
T-3	44.70	154.60%

(\*). Ladrillo King Kong Artesanal solido existente en el mercado actual.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Si tomamos en cuenta que existen viviendas de más de dos pisos construidos con los ladrillos artesanales que se vende en el mercado actual, el ladrillo con relave minero que supera ampliamente en cuanto a resistencia a compresión cumpliría satisfactoriamente la demanda de la construcción de viviendas en la región Puno, lo cual resultaría ser más beneficioso construir con los ladrillos con relaves mineros que con los ladrillos artesanales que se tiene actualmente.

**Conclusión 2:** En cuanto al parámetro de compresión en las unidades de albañilerías aplicados a los tipos de ladrillos fabricados con relaves mineros, estos determinan la calidad de material que se usara en la construcción como una unidad de albañilería propiamente dicha, ya que este parámetro es de mayor consideración con respecto a los demás, es decir que si más es la calidad a compresión de los ladrillos fabricados con relaves, estos podrán ser mejor utilizados en la construcción cuya demanda es más necesaria la capacidad portante de las unidades de albañilería, como por ejemplo en construcciones con muros portantes, edificaciones de sistemas de albañilería estructural y sistemas confinados.

De acuerdo a como se observa en la tabla siguiente.

Tabla 94  
*Resultados del parámetro resistencia a la compresión f<sub>b</sub>.*

Tipo de ladrillo	Contenido de Relave en (%)	Resistencia a la Compresion f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Clasificación según RNE
T-1	90.00	47.04	S/C
T-2	70.00	60.62	TIPO I
T-3	50.00	44.70	S/C
KKA*	-	28.91	S/C

(\*). Ladrillo King Kong Artesanal solido existente en el mercado actual

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De cuadro anterior se concluye que el ladrillo T-2 con 70% de relave minero y tener resultados más favorables que los demás y además de tener una clasificación Tipo I según RNE, estas pueden ser utilizados como muros portantes en la construcción de edificaciones de albañilería estructural y en cuanto a los demás ladrillos por tener bajos resultados en f<sub>b</sub>, es posible su utilización en muros no portantes.

**Conclusión 3:** También se debe mencionar que el ladrillo artesanal existente en el mercado es sólido es decir que no existe alveolos (huecos), en cambio los ladrillos que se fabricaron con relaves mineros, quien como ya se mencionó anteriormente se tomó como prototipo el ladrillo Kin Kong de 18 huecos, estas deberían ser menos resistentes debido a los huecos con respecto los sólidos, ya que la norma restringe tomar en cuenta el área neta y solo permite que se tome en cuenta el área bruta del ladrillo para el cálculo de la resistencia a la compresión, esto evidencia que los materiales utilizados en la fabricación de los ladrillos solido existentes en el mercado son de baja calidad con respecto a los relaves mineros.

**Conclusión 4:** En cuanto a la viabilidad del proyecto en una probable instalación de una fabricación artesanal de ladrillos con relaves mineros para su uso en la construcción, es viable en cuanto a costo beneficio con respecto a los ladrillos artesanales fabricados en las ladrilleras artesanales de las ciudades de Juliaca y Puno,

Tabla 95  
*Costos de producción en nuevos soles de 1 millar de ladrillos.*

Descripción	Costo de producción	Costo de venta	Utilidades
ladrillo artesanal en juliaca	300.21	450.00	149.79
ladrillo artesanal con relave minero	195.16	450.00	254.84

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Resulta ser menos costoso por que se consideró costo cero al relave minero como materia prima para la fabricación de ladrillos, esto se justifica según la ley 28071, estos relaves es considerado como un pasivo ambiental minero y además la ley regula a estos pasivos para la mitigación dando concesiones de reutilización de los relaves ya sea a titulares de la concesión minera o a terceros con el propósito de mitigar, eliminar en lo posible los riesgos que puedan causar estos relaves, con un plan de cierre de relaves e



inclusive en casos de abandono de estos relaves, la financiación del cierre de los relaves es por parte del gobierno, en todo caso existe la legalidad para el uso de los relaves mineros para la fabricación de ladrillos para su uso en la construcción.

Para el caso de los relaves mineros de la mina Calisaya donde se realizó esta investigación cuenta con un volumen de 203,371.70 M3 de relave esto representa en millares de ladrillos a 106,477.33 millares de ladrillos y si consideramos el precio del millar por 450.00 nuevos soles esto equivaldría S/. 47,914,798.50 nuevos soles, lo cual resulta ser beneficioso la inversión de una posible planta de fábrica de ladrillos ya sea artesanal o industrial.

**Conclusión 5:** En cuanto a la Absorción de los ladrillos fabricados con relaves mineros, estas cumple con la aceptación de la unidad de albañilería ya que la Absorción de los ladrillos T-1, T-2 y T-3, son de 14.94, 13.89% y 15.45%, respectivamente la cual están por debajo de lo máximo permitido según (Norma Técnica E.070, 2006), en la cual define una absorción máxima para unidades de arcilla no mayor de 22%.

**Conclusión 6:** Se debe mencionar que, en cuanto a los resultados obtenidos con los ladrillos adicionados con relaves mineros, debemos considerar que estos han sido fabricados artesanalmente, pese a ser artesanales el ladrillo T-2 cumplen con la norma E-070.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el estudio de investigación de la mejoría de la resistencia a compresión de los ladrillos fabricados con relaves mineros ya sea industrial o artesanal, buscando mejoras en el tratamiento de los relaves mineros y su combinación con otros materiales.

Se recomienda investigar la influencia del relave en la resistencia al corte en muros de unidades de albañilería con relaves mineros y combinado con otros materiales adicionales que maximicen su desempeño como tal.

El uso y aprovechamientos de los relaves mineros pueden ser beneficioso como material de construcción, se recomienda buscar alternativas de uso a estos relaves en base a su desempeño que pueda brindar el relave minero, su uso puede ser variados como la construcción de cerámicos, ligantes en conformación de bases en carreteras y en presas, etc.

Se recomienda el estudio a nivel industrial la implementación de plantas fabricadoras de ladrillos con materia prima de relave minero, ya que se remediaría la contaminación ambiental generado por estos relaves y considerando también que existe bases legales que permiten el reaprovechamiento de estos pasivos ambientales mineros según la ley N° 28271.

La aplicación del relave minero en el uso de tecnologías actuales como en las máquinas para fabricar ladrillos, donde se aplica la presión a tierra con baja plasticidad y menor cantidad de agua y a la vez no necesitan quemarse, esto debido a que se encontró en los ensayos de límites de consistencia obtenido al relave minero un bajo índice de plasticidad, lo cual podría ser una alternativa mejor de uso de los relaves mineros.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castillo Eustaquio, M., & Viera de Jesús, D. (2016). Influencia de la relación volumétrica de arena y confitillo sobre las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de concreto para la construcción de muros con carga viva (tesis de pregrado). Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

A. Romero, A., & L. Flores, S. (2010). Reusó de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM, , 13(1):75-82.

ANA. (2017). Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca. Lima, Perú.

Catacora Cahuana, G. F. (2015). Evaluación Del Impacto Ambiental De La Cooperativa Minera Señor De Ananea (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano: Puno, Peru.

Catacora Cahuana, G. F. (2015). Evaluación del impacto ambiental de la cooperativa minera señor de Ananea. Puno: universidad Nacional del Altiplano.

El Congreso De La República del Perú. (s.f.). LEY N° 28271. Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera.

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

Henry, H. C. (s.f.).

Hernández Sampieri, R., Hernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2010). Metodología de la Investigación. Mexico D.F.: McGRAW-HILL.



Huisa Cabrera, R. (2017). Optimización de la producción aurífera mediante la selección y reemplazo de equipos y maquinarias en la unidad operativa minera San Juan de Dios – CECOMSAP. (tesis de pregrado). Puno - Peru: Universidad Nacional del Altiplano.

INGEMMET. (2008). Implicancias Ambientales por la Actividad Minera de la Zona de Ananea en la Cuenca del Rio Ramis, Boletín N°5. Lima, Peru: INGEMMET.

MINEM. (2011). Análisis Comparativo de Conflictos Sociales Reportados por la Defensoría del Pueblo y la Oficina General de Gestión Social Abril del 2011. Obtenido de [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/DdP\\_OGGS\\_042011.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/DdP_OGGS_042011.pdf)

Ministerio de la Producción. (2010). Guía de las Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales. Lima, Peru: Despacho Viceministerial de MYPE e Industria.

MVCS. (2006). Norma Técnica E.070. Lima, Perú: SENCICO.

NTP 331.017. (1978). Elementos de arcilla cocida, Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería, Requisitos. Lima, Perú: INDECOPI.

NTP 399.605. (2013). Unidades de Albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. Lima, Perú: INDECOPI - CRT.

NTP 399.613. (2005). Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú: INDECOPI - CRT.

Pacheco Mollo, W. (Junio de 2018). La Creciente Demanda de Ladrillos en el Sector. Peru Construye Edi. 36, 194. Obtenido de <https://peruconstruye.net/edicion-36/>



Pinto Soncco, M. L. (2016). Producción de oro por chute en la empresa central de cooperativas minero metalúrgicas de Puno Ltda. Ananea ,2016. (Tesis de pregrado). Juliaca, Perú: Universidad nacional Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Quispe Aguilar, A. (2010). Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea s.a. (tesis de pregrado). Lima, Perú.: Universidad Nacional de Ingeniería.

Quispe Amudio, M. (2016). Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera de Cunyac y cemento portland tipo IP. (tesis de pregrado). Cusco: Universidad Andina del Cusco.

Reyes Aguliar, P. (2013). Metodos Estadisticos. Mexico.

San Bartolome, A. (1994). Construcciones de Albañilería. Lima, Peru: Fondo Editorial PUCP.



## ANEXOS

### ANEXO 1: CONSTANCIA EMITIDA POR EL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA EPIC – UNA PUNO.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



---

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS Y LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA FICA**

**Hace constar:**

Que el tesista, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **RONALD CHARLES MARCA PERCA**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Construcciones - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: **"DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN, DISTRITO DE ANANEA - PUNO."**

Los ensayos que realizó son los siguientes:

ITEM	ENSAYOS	NRO. DE ENSAYOS	FECHA DE ENSAYO
1	DETERMINACIÓN DEL PESO	10	18/03/2019
2	MEDIDA DEL TAMAÑO	10	18/03/2019
3	MEDIDA DEL ALABEO	10	18/03/2019
4	ABSORCIÓN	5	22/03/2019
5	COEFICIENTE DE SATURACIÓN	5	22/03/2019
6	EFLORESCENCIA	10	22/03/2019
7	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	20	23/04/2019
8	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	9	23/04/2019

*Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Construcciones.*

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 31 de Diciembre del 2019.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
ING. LUIS GÓMEZ DE LOS RÍOS  
JEFE DE LABORATORIO



**ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.**

**DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN, DISTRITO DE ANANEA – PUNO.**

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	POBLACION
PROBLEMA GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	DEPENDIENTES.	DEPENDIENTES.	
¿Los ladrillos fabricados con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de Putina, cumplirán con las propiedades requeridas para la construcción de viviendas?	Los ladrillos fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de Putina, cumplen con las propiedades requeridas para la albañilería, de manera que su uso sea posible en la construcción de viviendas.	Determinar las propiedades requeridas para la albañilería de los ladrillos fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, de manera que su uso es posible en la construcción de viviendas.	Las unidades de albañilería fabricados con relaves mineros artesanalmente con relaves mineros	El uso en la construcción de los ladrillos fabricados con relaves mineros de acuerdo a la norma E-070.	Los relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICOS:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b>	<b>INDEPENDIENTES.</b>	<b>INDEPENDIENTES.</b>	<b>MUESTRA</b>
¿Cómo influye la adición de relaves mineros en sus propiedades físicas de los ladrillos fabricados artesanalmente, del sector de chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina?	La adición de relaves mineros influye en sus propiedades físicas de los ladrillos fabricados artesanalmente, del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.	Evaluar las propiedades físicas según la norma E-070, de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.	Propiedades físicas de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.	Determinación del Peso (Kg). Variación Dimensional (Cm.). Alabeo (mm.). Absorción (%). Efluorescencia. Coeficiente de Saturación. (mm.).	15 ladrillos T-1. 50 ladrillos T-2. 15 ladrillos T-3.
¿Cómo influye la adición de relaves mineros en sus propiedades mecánicas de los ladrillos fabricados artesanalmente las, sector de chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina?	La adición de relaves mineros mecánicas de los ladrillos fabricados artesanalmente las, sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.	Evaluar las propiedades mecánicas según la norma E-070, de las unidades de albañilería, fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.	Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente con relaves mineros del sector de Chaquiminas distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina.	Resistencia a la Compresión (Kg/Cm2). Resistencia en Compresión de Prismas (Kg/Cm2).	14 ladrillos T-1. 14 ladrillos T-2. 14 ladrillos T-3.



### ANEXO 3: ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES		  <b>FICA</b>
<b>PROYECTO :</b> TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"	<b>SOLICITADO :</b> BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA	
<b>LUGAR :</b> PUNO	<b>CALICATA :</b> C-1	
<b>FECHA :</b> 23 DE ABRIL DEL 2019	<b>PROFUNDID. :</b> 1.50 m.	

#### LIMITES DE CONSISTENCIA (LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318)

##### LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3	
TARA	No	S-40	S-41	S-45	
TARA + SUELO HUMEDO	gr.	34.56	32.03	40.89	
TARA + SUELO SECO	gr.	31.52	29.35	37.11	
PESO DEL AGUA	gr.	3.04	2.68	3.78	
PESO DE LA TARA	gr.	17.32	17.28	22.07	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	14.2	12.07	15.04	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	21.41%	22.20%	25.13%	
NUMERO DE GOLPES	N	32	26	16	

##### LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2	3	
TARA	No	B-3	S-03	S-03	
TARA + SUELO HUMEDO	gr.	16.39	15.7	15.03	
TARA + SUELO SECO	gr.	15.9	15.31	14.4	
PESO DEL AGUA	gr.	0.49	0.39	0.63	
PESO DE LA TARA	gr.	12.94	13.03	10.89	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	2.96	2.28	3.51	
LIMITE PLASTICO	%	16.6%	17.1%	17.9%	

LIMITE LIQUIDO	22.62
LIMITE PLASTICO	17.20
INDICE DE PLASTICIDAD	5.42

#### GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO





**ANEXO 4: ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO.**

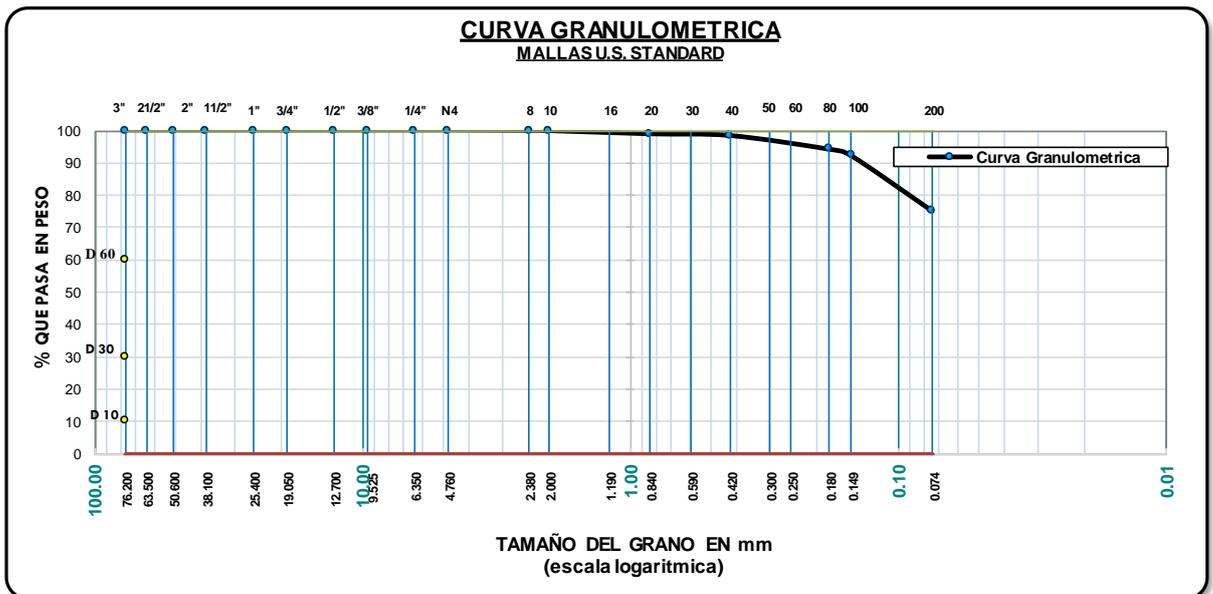
 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>			
<b>PROYECTO :</b> TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"		<b>SOLICITADO:</b> BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA	
<b>LUGAR :</b> ANANEA - PUNO		<b>CALICATA :</b> C - 1	
<b>FECHA :</b> 23 DE ABRIL DEL 2019		<b>MUESTRA :</b> M - 1	

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(ASTM D421)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	
No8	2.380	0.52	0.12	0.12	99.88	
No10	2.000	0.42	0.09	0.21	99.79	
No16	1.190	0.00	0.00	0.21	99.79	
No20	0.840	4.36	0.98	1.19	98.81	
No30	0.590	0.00	0.00	1.19	98.81	
No40	0.420	2.33	0.52	1.72	98.28	
No50	0.300	0.00	0.00	1.72	98.28	
No60	0.250	0.00	0.00	1.72	98.28	
No80	0.180	18.52	4.17	5.88	94.12	
No100	0.149	8.51	1.91	7.80	92.20	
No200	0.074	75.15	16.90	24.70	75.30	
<b>BASE</b>		334.83	75.30	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		444.64	100.00			
<b>% PERDIDA</b>						

<b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b>	
P.S.	444.64 gr
Calicata:	C - 1 Profundidad: 1.50 m.
Muestra:	M - 1
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Liquido (LL) =	22.60
Limite Plástico (LP) =	17.20
Indice Plástico (IP) =	5.40
<b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b>	
D10 = —	Cu = —
D30 = —	Cc = —
D60 = —	
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>	
S.U.C.S. :	ML-CL
AASHTO:	A-4 (8)
<b>OBSERVACIONES:</b>	
Muestreado por el solicitante	





## ANEXO 5: ENSAYO DE COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA T-1.



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre SN (Ciudad Universitaria)



Solicitante : BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
 Proyecto : TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO  
 MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS  
 CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION  
 DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
 Muestra : LADRILLO KING KONG 18 HUECOS CON 50 % DE RELAVE  
 MINERO  
 Ensayo : RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE  
 ALBAÑILERIA  
 Norma : NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
 Fecha : 19 DE ABRIL DEL 2019

MUESTRA	ANCHO	LARGO	AREA	CARGA DE ROTURA	f'b (Kg/cm <sup>2</sup> )
	(cm) ap	(cm) lp			
L-2	23.575	13.92	328.16	17150	52.26
L-3	23.445	13.685	320.84	18360	57.22
L-4	23.375	13.74	321.17	17260	53.74
L-7	23.52	13.91	327.16	14380	43.95
L-10	23.66	14.005	331.36	17370	52.42
PROMEDIO				51.92	(Kg/cm <sup>2</sup> )
DESVIACION ESTANDAR				4.88	-
f'b				47.04	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Coeficiente de variación				9.40%	%

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.



## ANEXO 6: ENSAYO DE COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA T-2.



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre S/N (Ciudad Universitaria)



Solicitante : BCH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
 Proyecto : TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
 Muestra : LADRILLO KING KONG 18 HUECOS CON 70 % DE RELAVE MINERO  
 Ensayo : RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA  
 Norma : NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
 Fecha : 23 DE ABRIL DEL 2019

MUESTRA	ANCHO	LARGO	AREA	CARGA	f'b
	(cm)	(cm)		DE	
	ap	lp	cm <sup>2</sup>	ROTURA	(Kg/cm <sup>2</sup> )
L-33	13.85	23.48	325.08	20220	62.20
L-35	13.87	23.59	327.01	22360	68.38
L-60	13.96	23.43	326.90	19430	59.44
L-74	14.06	23.72	333.43	21460	64.36
L-78	13.94	23.54	328.03	21570	65.76
PROMEDIO				64.03	(Kg/cm <sup>2</sup> )
DESVIACION ESTANDAR				3.41	-
f'b				60.62	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Coeficiente de variación				5.32%	%

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.



## ANEXO 7: ENSAYO DE COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA T-3.



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre S/N (Ciudad Universitaria)



Solicitante : BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
 Proyecto : TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
 Muestra : LADRILLO KING KONG 18 HUECOS CON 90 % DE RELAVE MINERO  
 Ensayo : RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA  
 Norma : NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
 Fecha : 19 DE ABRIL DEL 2019

MUESTRA	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA	f <sup>b</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
	ap	lp			
L-101	23.38	13.94	326.03	15810	48.49
L-103	23.66	13.70	324.19	16840	51.94
L-104	23.33	13.76	320.95	14680	45.74
L-106	23.61	13.87	327.59	14860	45.36
L-110	23.88	13.88	331.45	19170	57.84
PROMEDIO				49.87	(Kg/cm <sup>2</sup> )
DESVIACION ESTANDAR				5.17	-
f <sup>b</sup>				44.70	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Coeficiente de variación				10.37	%

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.



## ANEXO 8: ENSAYO DE COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA T-4.



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre 514 (Ciudad Universitaria)



Solicitante : BCH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
 Proyecto : TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO  
 MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS  
 CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION  
 DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
 Muestra : LADRILLO KING KONG ARTESANAL  
 SOLIDO  
 Ensayo : RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE  
 ALBAÑILERIA  
 Norma : NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
 Fecha : 23 DE NOVIEMBRE DEL 2019

MUESTRA	ANCHO	LARGO	AREA	CARGA	f <sub>b</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
	(cm) ap	(cm) lp	cm <sup>2</sup>	DE ROTURA	
KKA-01	12.19	21.09	257.09	11920	46.37
KKA-02	12.23	21.44	262.21	8240	31.43
KKA-03	12.02	21.12	253.76	7360	29.00
KKA-04	12.16	21.18	257.38	8650	33.61
KKA-05	12.15	21.27	258.43	7620	29.49
PROMEDIO				33.98	(Kg/cm <sup>2</sup> )
DESVIACION ESTANDAR				7.16	-
f <sub>b</sub>				26.82	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Coeficiente de variación				21.07%	%

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

**ANEXO 9: RESISTENCIA EN COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA T-1.**



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre 519, Ciudad Universitaria



Solicitante : BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
 Proyecto : TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
 Muestra : PRISMAS DELADRILLO KING KONG 18 HUECOS CON 50 % DE RELAVE MINERO  
 Ensayo : RESISTENCIA EN COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA  
 Norma : NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
 Fecha : 19 DE ABRIL DEL 2019

PRISMA	ANCHO (cm)		LARGO		ALTO (cm)	hp./tp.	CC.	Area: lp.xtp. cm <sup>2</sup>	Pu (Kg)	fm= Pu/A (Kg/cm <sup>2</sup> )	fm (corregido) (Kg/cm <sup>2</sup> )
	lp	ap	ap	hp							
P-1	23.94	13.74	30.25	2.20	0.759	328.82	12350	37.56	28.52		
P-2	23.72	13.58	30.34	2.23	0.773	322.12	13360	41.48	32.07		
P-3	23.51	13.94	30.14	2.16	0.742	327.61	12410	37.88	28.10		
<b>PROMEDIO</b>											
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>											
fm											
Coeficiente de variación											
29.56 (Kg/cm <sup>2</sup> )											
2.18											
27.38 (Kg/cm <sup>2</sup> )											
7.38%											

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

## ANEXO 10: RESISTENCIA EN COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA T-2.



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre 514 Ciudad Universitaria



Solicitante : BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
Proyecto : TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
Muestra : PRISMAS DELADRILLO KING KONG 18 HUECOS CON 70 % DE RELAVE MINERO  
Ensayo : RESISTENCIA EN COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA  
Norma : NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
Fecha : 23 DE ABRIL DEL 2019

PRISMA	ANCHO (cm)		LARGO (cm)		ALTO (cm)		hp./tp.	CC.	Area: lp.xtp. cm2	Pu (Kg)	f'm= Pu/A (Kg/cm2)	f'm (corregido) (Kg/cm2)
	lp	ap	ap	hp	hp	tp						
P-1	23.62	13.95	13.95	33.12	2.38	0.836	329.31	18300	55.57	46.44		
P-2	23.43	13.96	13.96	32.01	2.29	0.800	326.90	18620	56.96	45.55		
P-3	24.03	14.04	14.04	30.60	2.18	0.749	337.38	16680	49.44	37.04		
PROMEDIO												
										43.01	(Kg/cm2)	
DESVIACION ESTANDAR												
										5.19	-	
f'm										37.82	(Kg/cm2)	
Coeficiente de variación										12.06%	%	

La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

**ANEXO 11: RESISTENCIA EN COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA T-3.**



**Universidad Nacional del Altiplano**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
Laboratorio de Construcciones  
Av. Jorge Basadre S/N. Ciudad Universitaria



**Solicitante :** BACH. RONALD CHARLES MARCA PERCA  
**Proyecto :** TESIS PRE GRADO "DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCION DISTRITO DE ANANEA - PUNO"  
**Muestra :** PRISMAS DELADRILLO KING KONG 18 HUECOS CON 90 % DE RELAVE MINERO  
**Ensayo :** RESISTENCIA EN COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA  
**Norma :** NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA 2006  
**Fecha :** 23 DE ABRIL DEL 2019

PRISMA	ANCHO (cm)		LARGO (cm)		ALTO (cm)	hp./tp.	CC.	Area: lp.xtp. cm2	Pu (Kg)	f'm= Pu/A (Kg/cm2)	f'm (corregido) (Kg/cm2)
	lp	ap	ap	hp							
P-1	23.33	13.95	13.95	31.28	31.28	2.24	0.777	325.27	11630	35.76	27.79
P-2	23.61	13.71	13.71	30.60	30.60	2.23	0.773	323.58	8840	27.32	21.11
P-3	23.88	13.76	13.76	32.23	32.23	2.34	0.821	328.59	11350	34.54	28.36
<b>PROMEDIO</b>											25.76 (Kg/cm2)
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>											4.03
<b>f'm</b>											21.72 (Kg/cm2)
<b>Coefficiente de variación</b>											15.67%

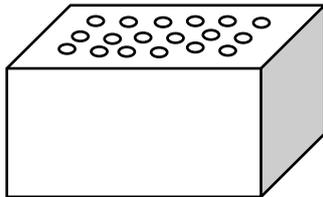
La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

## ANEXO 12: CALCULO DE VOLUMEN DE RELAVE REQUERIDO PARA UN MILLAR DE LADRILLOS.

- Cálculo de volumen de relave minero para 1 millar de ladrillos T-2 (70% de relave).

Medidas nominales del ladrillo King Kong 24 x 14 x 10 centímetros, de 18 huecos de 1".

- Volumen del ladrillo:

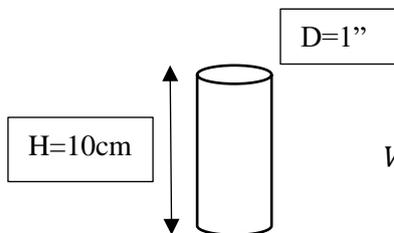


$$Volumen = L \times A \times H \text{ m}^3.$$

$$Volumen = 0.24 \times 0.14 \times 0.10 \text{ m}^3$$

$$Volumen (\text{ladrillo solido}) = 0.0034 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ladrillo}.$$

- Restar el volumen de los alveolos de 1" de diámetro.



$$Volumen = Area \times H \text{ cm}^3.$$

$$Volumen = (D^2 \times \pi/4) \times H \text{ cm}^3.$$

$$Volumen = (2.54^2 \times \pi/4) \times 10 \text{ cm}^3.$$

$$Volumen = 50.671 \text{ cm}^3.$$

$$X \text{ m}^3 \longrightarrow 50.671 \text{ cm}^3.$$

$$1 \text{ m}^3 \longrightarrow 10^6 \text{ cm}^3.$$

$$X = 50.671 \times 10^{-6} \text{ m}^3.$$

$$Volumen = 50.671 \text{ cm}^3 \approx 50.671 \times 10^{-6} \text{ m}^3.$$

Por 18 huecos por ladrillo:

$$Volumen (\text{aveolos}) = 50.671 \times 10^{-6} \times 18 \text{ m}^3.$$

$$Volumen (\text{aveolos}) = 0.000912 \text{ m}^3. \times 1 \text{ ladrillo}.$$

- Volumen neto de 1 ladrillo:

$$Volumen (\text{ladrillo neto}) = Volumen (\text{ladrillo solido}) - Volumen (\text{aveolos}) \text{ m}^3.$$

$$Volumen (\text{ladrillo neto}) = 0.0034 \text{ m}^3 - 0.000912 \text{ m}^3.$$

$$Volumen (\text{ladrillo neto}) = 0.002487 \text{ m}^3.$$

- El ladrillo en análisis es el T-2, y está conformado por 70% de relave y 30% de materiales adicionales.

$$Volumen (\text{real de relave}) = 0.002487 \times 0.70 \text{ m}^3.$$

$$Volumen (\text{real de relave}) = 0.00174 \text{ m}^3.$$

- Para 1 millar de ladrillos se requiere el siguiente volumen de relave.

$$Volumen (\text{relave}) = 0.0017 \times 1000 \text{ m}^3.$$

$$Volumen (\text{relave}) = 1.74 \text{ m}^3.$$

- La compactación en el molde de ladrillos requiere de un volumen adicional al volumen neto calculado de relave minero incrementando en 10%, esto debido a que el relave se encuentra en estado de sedimentación compacto.

$$Volumen (\text{relave}) = 1.74 \times 1.10 \text{ m}^3.$$

$$Volumen (\text{relave}) = 1.91 \text{ m}^3.$$



### ANEXO 13: COTIZACION DE LADRILLOS POR MILLAR.

COTIZACIONES DE MATERIALES			
<b>TEMA :</b>	<b>"DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FABRICADOS CON RELAVES MINEROS PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN, DISTRITO DE ANANEA - PUNO."</b>		
<b>FECHA:</b>	ene-18		
ITEM	INSUMOS	UNID.	PRECIOS S/.
1	LADRILLO King Kong DE ARCILLA 10X14X24 CM 18 HUECOS (MECANIZADO)	MILL	1,100.00
2	LADRILLO King Kong DE ARCILLA 10X14X24 CM 18 HUECOS (ARTESANAL)	MILL	700.00
3	LADRILLO King Kong DE ARCILLA SOLIDO (ARTESANAL)	MILL	450.00
 N&E FERRETERAS MALDONADO E.I.R.L. R.U.C.: 2060231171 Ende Condori Huarcaya GERENTE			



**ANEXO 14: EL RELAVE MINERO EN LA CARTA DE PLASTICIDAD.**

