



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



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS  
DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN  
DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN  
LA CIUDAD DE PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

A Dios por su infinita misericordia y bondad  
por ser mi fuerza y mi guía que conduce mi  
camino.

A mis padres Brígida y Celso, por enseñarme  
valores, virtudes, perseverancia y sobre todo por  
brindarme amor, comprensión y apoyo  
incondicional quienes me orientaron para poder  
culminar mi carrera profesional.

*Lelys del Carmen Pari Condori*



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano,  
en especial a la Escuela Profesional de  
Ingeniería Civil, por sus cimientos en mi  
vida profesional.

A mi familia por todo el apoyo brindado  
a lo largo de mi formación universitaria.

A mi asesora, por todos sus consejos y  
enseñanzas en todo el proceso de esta  
tesis.

*Lelys del Carmen Pari Condori*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 16**

1.1.1 Problema general ..... 17

1.1.2 Problemas específicos..... 17

**1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 17**

**1.3 OBJETIVOS ..... 18**

1.3.1 Objetivo general ..... 18

1.3.2 Objetivos específicos ..... 18

**1.4 HIPÓTESIS ..... 19**

1.4.1 Hipótesis general ..... 19

1.4.2 Hipótesis específicos ..... 19

**1.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... 19**

1.5.1 Variable independiente ..... 20

1.5.2 Variable dependiente ..... 20



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	21
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	23
<b>2.2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
2.2.1 Piedra pómez .....	24
2.2.2 Unidades de albañilería .....	27
2.2.3 Agregados para la elaboración de las unidades de albañilería .....	36

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>53</b>
3.1.1 Método de investigación: .....	53
3.1.2 Diseño de la investigación:.....	53
3.1.3 Nivel de investigación: .....	53
<b>3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>54</b>
3.2.1 Población .....	54
3.2.2 Muestra .....	54
<b>3.3 DISEÑO DE MEZCLAS PARA LA ELABORACIÓN DE CUBOS .....</b>	<b>55</b>
3.3.1 Metodología de diseño .....	55
3.3.2 Proceso de diseño .....	55
3.3.3 Interpretación de resultados.....	59
<b>3.4 ELABORACION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA.....</b>	<b>61</b>
3.4.1 El molde.....	61
3.4.2 Fabricación del molde .....	63



3.4.3	Proceso de elaboración del ladrillo de concreto ligero .....	63
<b>3.5</b>	<b>ENSAYOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....</b>	<b>67</b>
3.5.1	Porcentaje de área de alveolos en los ladrillos .....	68
3.5.2	Ensayo de variación de dimensiones .....	68
3.5.3	Ensayo de Alabeo .....	70
3.5.4	Ensayo de Absorción .....	71
3.5.5	Ensayo de Absorción Máxima.....	73
3.5.6	Ensayo de Succión.....	75
3.5.7	Resistencia a Tracción por Flexión .....	78
3.5.8	Resistencia a la Tracción Indirecta.....	79
3.5.9	Ensayo de Resistencia a la Compresión .....	81

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1</b>	<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS .</b>	
	.....	<b>83</b>
4.1.1	Granulometría arena gruesa cantera cutimbo .....	83
4.1.2	Granulometría de la piedra pómez.....	84
4.1.3	Absorción de arena gruesa y piedra pómez .....	85
4.1.4	Peso específico de la arena gruesa y piedra pómez .....	86
4.1.5	Contenido de humedad de arena gruesa y piedra pómez .....	87
4.1.6	Peso unitario suelto de arena gruesa y piedra pómez .....	87
4.1.7	Peso unitario compactado de arena gruesa y piedra pómez .....	88
4.1.8	Resumen de resultados de los ensayos de agregados .....	89
<b>4.2</b>	<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS TRES DÍAS DE CUBOS DE 5x5 CM..</b>	
	.....	<b>89</b>



<b>4.3</b>	<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS SIETE DÍAS DE CUBOS DE 5x5 CM</b>	<b>90</b>
.....	.....	.....
<b>4.4</b>	<b>DENSIDADES SEGÚN LOS TIPOS DE DOSIFICACIONES</b>	<b>91</b>
<b>4.5</b>	<b>ENSAYOS REALIZADOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA</b>	<b>92</b>
4.5.1	Porcentaje de Área de Alveolos	92
4.5.2	Resultados del ensayo de Variabilidad de Dimensiones	94
4.5.3	Resultados del Ensayo de Alabeo	96
4.5.4	Resultados del Ensayo de Absorción	97
4.5.5	Resultados del Ensayo de Absorción Máxima	99
4.5.6	Resultados del Ensayo de Succión	101
4.5.7	Resultados del Ensayo de Tracción por Flexión	102
4.5.8	Resultados del Ensayo de Tracción Indirecta	104
4.5.9	Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión	106
<b>4.6</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>107</b>
<b>4.7</b>	<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>109</b>
4.7.1	Para la Hipótesis general:	109
4.7.2	Para las Hipótesis específicas	111
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>115</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>117</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>120</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Muestra de piedra pómez .....	25
Figura 2	Medición del alabeo .....	33
Figura 3	Tamices para el ensayo de granulometría .....	38
Figura 4	Tamizado manual del agregado .....	39
Figura 5	Verificación del estado saturado superficialmente seco .....	43
Figura 6	Baño maría de la fiola con agregado fino .....	43
Figura 7	Rolado de la fiola para eliminar el aire atrapado .....	44
Figura 8	Pesado del recipiente de medida .....	48
Figura 9	Colocado del material en el recipiente .....	49
Figura 10	Varillado de la capa del agregado con la barra compactadora.....	51
Figura 11	Pesado y toma de datos .....	52
Figura 12	Preparación de la mezcla .....	56
Figura 13	Elaboración de los cubos .....	56
Figura 14	Codificación de los cubos .....	57
Figura 15	Colocación de los cubos en bolsas .....	57
Figura 16	Pesado de los cubos .....	58
Figura 17	Ensayo de resistencia a la compresión de los cubos .....	58
Figura 18	Cajón del molde del ladrillo.....	61
Figura 19	Placa y guías alveolares del molde .....	62
Figura 20	Pisón del molde del ladrillo .....	63
Figura 21	Distribución de la mezcla con ayuda de una varilla.....	64
Figura 22	Compactado de capas del ladrillo .....	65
Figura 23	Retirado del cajón del molde .....	66
Figura 24	Retirado de las guías alveolares .....	66



Figura 25	Curado de las unidades de albañilería.....	67
Figura 26	Medición para el ensayo de variación de dimensiones .....	69
Figura 27	Medición de la concavidad y convexidad de los ladrillos .....	71
Figura 28	Sumergido de las unidades por 24 horas.....	72
Figura 29	Pesado de las unidades en estado seco y saturado .....	73
Figura 30	Sumergido de las unidades por 24 horas y 5 horas de ebullición .....	74
Figura 31	Pesado de las unidades en estado seco y saturado .....	75
Figura 32	Colocación de las unidades en la bandeja sobre los apoyos .....	77
Figura 33	Sacado de las unidades después de un minuto en contacto con el agua .....	78
Figura 34	Realización del ensayo de tracción directa por flexión .....	79
Figura 35	Especificaciones de ensayo tracción indirecta.....	80
Figura 36	Resistencia a la tracción indirecta.....	81
Figura 37	Ensayo de resistencia a la compresión.....	82
Figura 38	Curva granulométrica del agregado fino cantera cutimbo.....	83
Figura 39	Curva granulométrica para la piedra pómez .....	84
Figura 40	Sustitución de arena vs resistencia a la compresión a los tres días.....	89
Figura 41	Sustitución de arena vs resistencia a la compresión a los siete días .....	90
Figura 42	Sustitución de arena vs densidad .....	91
Figura 43	Porcentaje de área de alveolos .....	93
Figura 44	Ensayo de variación de dimensiones .....	95
Figura 45	Ensayo de Alabeo .....	97
Figura 46	Ensayo de absorción .....	98
Figura 47	Ensayo de absorción máxima.....	100
Figura 48	Ensayo de succión.....	102
Figura 49	Ensayo de tracción por flexión .....	103



Figura 50	Ensayo de resistencia a la tracción indirecta.....	105
Figura 51	Ensayo de resistencia a la compresión.....	107
Figura 52	Diagrama de dispersión entre densidad y compresión.....	111



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición química de la piedra pómez .....	26
Tabla 2:	Requisitos de resistencia y absorción .....	30
Tabla 3:	Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales .....	31
Tabla 4:	Límites granulométricos del Agregado Fino .....	37
Tabla 5:	Resistencia a la compresión de cubos a los tres días .....	59
Tabla 6:	Ensayo de resistencia a la compresión de cubos a los siete días .....	60
Tabla 7:	Ensayo de granulometría para el agregado fino cantera cutimbo .....	83
Tabla 8:	Ensayo de granulometría para la piedra pómez .....	84
Tabla 9:	Ensayo de absorción .....	85
Tabla 10:	Ensayo de Peso Específico.....	86
Tabla 11:	Ensayo de Contenido de Humedad .....	87
Tabla 12:	Ensayo de peso unitario suelto.....	87
Tabla 13:	Ensayo de peso unitario compactado .....	88
Tabla 14:	Resumen de resultados de los ensayos de agregados.....	89
Tabla 15:	Cuadro de densidades según las dosificaciones.....	91
Tabla 16:	Porcentaje de alveolos ladrillo de arcilla calcinada .....	92
Tabla 17:	Porcentaje de alveolos ladrillo de concreto ligero .....	92
Tabla 18:	Variación de dimensiones del ladrillo de arcilla calcinada.....	94
Tabla 19:	Variación de dimensiones del ladrillo de concreto ligero.....	94
Tabla 20:	Ensayo de alabeo ladrillo de arcilla calcinada .....	96
Tabla 21:	Ensayo de alabeo ladrillo de concreto ligero .....	96
Tabla 22:	Ensayo de absorción ladrillo de arcilla calcinada .....	97
Tabla 23:	Ensayo de absorción ladrillo de concreto ligero .....	98
Tabla 24:	Ensayo de absorción máxima ladrillo de arcilla calcinada .....	99



Tabla 25: Ensayo de absorción máxima ladrillo de concreto ligero .....	99
Tabla 26: Ensayo de succión de ladrillo de arcilla calcinada.....	101
Tabla 27: Ensayo de succión de ladrillo de concreto ligero.....	101
Tabla 28: Resistencia a tracción por flexión ladrillo de arcilla calcinada.....	102
Tabla 29: Resistencia a tracción por flexión ladrillo de concreto ligero.....	103
Tabla 30: Resistencia a la tracción indirecta ladrillo de arcilla calcinada .....	104
Tabla 31: Resistencia a la tracción indirecta ladrillo de concreto ligero .....	104
Tabla 32: Ensayo de resistencia a la compresión ladrillo de arcilla calcinada .....	106
Tabla 33: Ensayo de resistencia a la compresión ladrillo de concreto ligero .....	106
Tabla 34: Prueba de Kolmogorov Smirnov .....	110
Tabla 35: Coeficiente de Correlación .....	110
Tabla 36: Prueba de diferencia de medias.....	112
Tabla 37: Estadísticas del grupo .....	112
Tabla 38: Prueba de diferencia de medias.....	113
Tabla 39: Estadísticas del grupo .....	113



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials ó Asociación Americana de Ensayo de Materiales
<b>a/c</b>	: Relación agua/cemento para diseño de mezclas
<b>CH</b>	: Contenido de Humedad
<b>f<sup>b</sup></b>	: Resistencia a la Compresión de Albañilería
<b>f<sup>b</sup>tf</b>	: Resistencia a la tracción por flexión de la unidad de albañilería
<b>f<sup>b</sup>ti</b>	: Resistencia a la tracción indirecta de la unidad de albañilería
<b>INACAL</b>	: Instituto Nacional de Calidad
<b>Kg</b>	: Kilogramo
<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana
<b>P<sub>esss</sub></b>	: Peso específico superficialmente seco
<b>P<sub>ea</sub></b>	: Peso específico aparente
<b>P<sub>e</sub></b>	: Peso específico
<b>RNE</b>	: Reglamento Nacional de Edificaciones
<b>S</b>	: Desviación estándar
<b>X</b>	: Promedio



## RESUMEN

La presente investigación consistió en determinar la influencia de la adición de piedra pómez en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno, para ello se buscó el porcentaje óptimo de piedra pómez considerando muestras de 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75% de sustitución de la arena por piedra pómez, para ello el diseño metodológico utilizado fue de tipo experimental, realizando ensayos de compresión de cubos de 5cmx5cmx5cm a los 3 y 7 días, para lo cual se realizó 6 muestras de cubos por cada porcentaje de sustitución de arena por piedra pómez teniendo un total de 72 cubos, con los datos obtenidos escogimos el porcentaje más óptimo con el que se elaboró las unidades de albañilería de concreto ligero de 15 huecos con medidas de 24cmx14cmx10cm para luego comparar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto ligero con adición de piedra pómez y las unidades de albañilería de arcilla calcinada, los resultados obtenidos indican que en cuanto a las propiedades físicas como lo es la variabilidad dimensional, las unidades de albañilería de concreto ligero presentan un porcentaje de 1.93% y las unidades de arcilla mecanizada 1.39%; en el ensayo de alabeo se obtuvo 2mm para el ladrillo de arcilla y 0.5mm para el ladrillo de concreto ligero, en el ensayo de succión se obtuvo 53.99 g/200cm<sup>2</sup>-min para el ladrillo de arcilla y 19.18 g/200cm<sup>2</sup>-min para el ladrillo de concreto ligero; con lo cual ambos tipos de ladrillo serían de clase V. En cuanto a resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto ligero obtenido es 133.69 kg/cm<sup>2</sup> lo cual se clasifica como ladrillo tipo IV según la norma E070, y según la norma de ladrillos de concreto (NTP 399.601), es un ladrillo grado 14.

**Palabras Clave:** piedra pómez, albañilería, concreto ligero, propiedades físicas y mecánicas.



## ABSTRACT

The present investigation consisted of determining the influence of the addition of pumice stone in the elaboration of light concrete masonry units in the city of Puno, for which the optimal percentage of pumice stone was sought considering samples of 25%, 37.5%, 50 %, 62.5% and 75% substitution of sand by pumice stone, for this the methodological design used was experimental, carrying out compression tests on cubes of 5cmx5cmx5cm at 3 and 7 days, for which 6 samples of cubes for each percentage of substitution of sand by pumice stone having a total of 72 cubes, with the data obtained we chose the most optimal percentage with which the light concrete masonry units of 15 holes with measures of 24cmx14cmx10cm were elaborated to later compare the physical and mechanical properties of lightweight concrete brick with the addition of pumice stone and calcined clay masonry units, the results obtained indicate that as to physical properties such as dimensional variability, light concrete masonry units present a percentage of 1.93% and mechanized clay units 1.39%; in the warping test 2mm was obtained for the clay brick and 0.5mm for the light concrete brick, in the suction test 53.99 g/200cm<sup>2</sup>-min was obtained for the clay brick and 19.18 g/200cm<sup>2</sup>-min for the lightweight concrete brick; with which both types of brick would be class V. Regarding the compressive strength of the lightweight concrete masonry units obtained, it is 133.69 kg/cm<sup>2</sup>, which is classified as type IV brick according to the E070 standard, and according to the standard of concrete bricks (NTP 399.601), it is a grade 14 brick.

**Keywords:** pumice stone, masonry, lightweight concrete, physical and mechanical properties.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el concreto u hormigón es el material más utilizado en la industria de la construcción, porque facilita la edificación de obras civiles con diversidad de tamaños y geometrías, lo cual lo convierte en un material de construcción universal (Gutiérrez, 2003). Sin embargo, el peso propio, la alta densidad del material es un parámetro negativo en el diseño de estas infraestructuras. Los muros de albañilería tradicionalmente se construyen con ladrillos de arcilla (Bartolomé, 2001), pero para fabricarlos se requiere suelo de cultivo y esto depreda los recursos agrícolas, el concreto ligero es una alternativa innovadora por su baja densidad y esto con una dosificación adecuada de sus componentes puede servir como una excelente alternativa para la elaboración de un ladrillo que cumpla con las propiedades físicas y mecánicas a comparación de un ladrillo convencional brindándole otros aportes y generándole un mejoramiento en sus propiedades.

Frente a esta situación se han realizado diversas investigaciones de nuevos materiales que mejoren sus propiedades, utilizando nuevos materiales que son más rentables y beneficiosos para su producción, y que protejan al medio ambiente generando un desarrollo sostenible, por ello en esta investigación buscaremos un porcentaje óptimo entre 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75% de adición de piedra pómez en reemplazo de la arena gruesa, con el que elaboraremos una unidad de albañilería de concreto ligero con el cual determinaremos sus propiedades físicas y propiedades mecánicas para luego compararla con las unidades de albañilería de arcilla calcinada.



### **1.1.1 Problema general**

¿Cuál es la influencia de la adición de piedra pómez en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno?

### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de piedra pómez entre muestras con adición de 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75% en la unidad de albañilería de concreto ligero para obtener similares propiedades físicas y mecánicas que las unidades de ladrillo de arcilla calcinada?
- ¿Cuál es el comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero con adición de piedra pómez en la ciudad de Puno?
- ¿Cuál es el comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero con adición de piedra pómez en la ciudad de Puno?

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El fin de esta investigación es proponer un nuevo material en la construcción de unidades de albañilería; utilizando recursos naturales como es la piedra pómez que se encuentran en abundancia y que no están siendo aprovechados y no centrar la explotación en un solo recurso natural. Se busca alternativas en los materiales de construcción de albañilería que generen un menor impacto ambiental tanto en la extracción de sus insumos como en el proceso de su fabricación.

Una alternativa muy importante para la reducción en su peso son los concretos ligeros, utilizando en sus mezclas agregados naturales de los depósitos volcánicos.



En la actualidad existe una gran cantidad de concretos ligeros, los cuales presentan una menor densidad; ya que estas mezclas se componen principalmente de materiales que permiten obtener alta porosidad, por la cantidad de vacíos presentes en su estructura interna (Sánchez, 2006). Estos materiales ofrecen alternativas que pueden ser útiles para la aplicación de concretos ligeros en estructuras, no necesariamente grandes.

Esta investigación busca determinar la influencia de la adición de piedra pómez en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno, para ello buscaremos el porcentaje óptimo de piedra pómez considerando muestras de 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75% de sustitución de la arena por piedra pómez, en el cual analizaremos el comportamiento físico y mecánico de las unidades de albañilería de concreto ligero.

El estudio de los materiales de construcción busca la renovación y optimización constante.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar la influencia de la adición de piedra pómez en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar el porcentaje óptimo entre muestras con adición de 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75% de piedra pómez en la unidad de albañilería de concreto ligero para obtener similares propiedades físicas y mecánicas que las unidades de ladrillo de arcilla calcinada.



- Analizar el comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero con adición de piedra pómez en la ciudad de Puno.
- Analizar el comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero con adición de piedra pómez en la ciudad de Puno.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 Hipótesis general**

Con la adición de piedra pómez en la elaboración de unidades de concreto ligero se obtiene propiedades físicas y mecánicas similares a las unidades de albañilería calcinada.

### **1.4.2 Hipótesis específicos**

- Con la adición del 50% de piedra pómez en la unidad de albañilería conseguimos similares propiedades físicas y mecánicas que las unidades de ladrillo de arcilla calcinada.
- El comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es similar al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.
- El comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es similar al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

## **1.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

La variable independiente estudiada es el porcentaje de adición de piedra pómez 25%, 37.5%, 50%, 62.5%, 75%, como sustituto de la arena gruesa.



### **1.5.1 Variable independiente**

Porcentajes de piedra pómez

### **1.5.2 Variable dependiente**

Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto ligero.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Entre las investigaciones relacionadas a la presente investigación se tiene:

Baquero y García (2019) realizan el Artículo de Investigación Científica “Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros”, realizada en la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. Esta investigación experimental se realizó con el objetivo de implementar nuevos materiales como la arcilla expandida y piedra pómez como reemplazo total de los agregados convencionales en la producción de concreto. Para ello se elaboraron viguetas, cilindros y paneles; donde se obtuvieron densidades de 1300 a 1500 Kg/m<sup>3</sup> y resistencias a la compresión de 13 a 18 MPa. De esta manera Baquero y García demostraron que la arcilla expandida y la piedra pómez pueden considerarse como una alternativa a los agregados comunes en la producción de concreto ligero. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se llegaron a la conclusión de que el concreto ligero logra una reducción cercana del 37 % en la densidad respecto a un concreto convencional con una resistencia de diseño  $f'_c = 21\text{MPa}$ ; sin embargo, se presenta una reducción del 37 % en la resistencia a la compresión.

Hernández y Osorio (2015), realizan la investigación: “Caracterización de agregado fino tipo piedra pómez para su uso en concretos estructurales”, proyecto de tesis pregrado presentado en la Universidad La Gran Colombia, la que tiene por objetivo: Evaluar la resistencia a la compresión del concreto estructural aligerado con agregado



fino tipo piedra pómez en remplazo de la arena aluvial; comparar las propiedades mecánicas del concreto elaborado con arena aluvial y el concreto hidráulico elaborado con arena de piedra pómez; y establecer si es óptimo para su producción y uso en obra. La investigación aquí presentada es de tipo cuantitativo dado que se evaluó las propiedades de los agregados finos (arena aluvial – arena de piedra pómez) dentro del concreto hidráulico mediante un diseño gráfico, este enfoque fue de tipo experimental-correlacional ya que se llevó a cabo trabajo empírico de laboratorio y se evaluó la variación de la resistencia a la compresión (variable dependiente) con diferentes porcentajes de mezclado de arena aluvial y arena pómez (variable independiente). En dicho proyecto se llegó a la conclusión de que reemplazando en su totalidad la arena comúnmente utilizada por arena de piedra pómez se pueden obtener resistencias cercanas a las ideales, siendo estos concretos más ligeros que los comunes y que a medida que se aumenta el porcentaje de arena pómez dentro de la mezcla de concreto este disminuye su densidad, oscilando en una diferencia de 313Kg respecto a un concreto convencional. Influyendo así en la disminución de la carga muerta estructural. El comportamiento obtenido de la combinación entre arena aluvial y la arena pómez se obtuvieron resultados de baja resistencia, la mezcla de estos dos agregados no logra generar un material granular de gradación suficiente para generar un enlace resistente y cohesivo.

Arce y Arrechavala (2009) realizó la investigación denominada “Fabricación de bloques usando como Agregado la piedra pómez” proyecto de tesis pregrado presentado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, dentro de los objetivos relacionados del proyecto se planteó: Fabricar bloques de concreto ligero utilizando agregado fino de piedra pómez para mampostería confinada de viviendas típicas; para así determinar las propiedades físicas de la piedra pómez. Para ello, realizaron ensayos para así poder determinar las características físico-mecánicas para valorizar el uso de material de pómez



en la fabricación de bloques de concreto ligero. Arce & Arrechavala llegaron a la conclusión de que las propiedades físicas de las muestras de piedra pómez estudiados en esta tesis, presentan cualidades de agregados de peso ligeros que cumplen con los parámetros establecidos como; pesos unitarios, gravedad específica y absorción. La utilización de la piedra pómez como agregado de peso ligero en la fabricación de elementos de mampostería es viable, porque cumplen con los requerimientos que se establecen en las normas Británicas y normas ASTM.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Entre las investigaciones relacionadas a la presente investigación se tiene:

Ríos y Rojas (2019) realizó la investigación denominada “Ladrillo de concreto ligero utilizando como agregado grueso piedra pómez para muros de tabiquería en viviendas multifamiliares” proyecto de tesis pregrado presentado en la Universidad Ricardo Palma, dentro de los objetivos relacionados del proyecto se planteó: Diseñar unidades de albañilería de concreto ligero utilizando porcentajes de reemplazo de 5%, 10% y 15% de piedra pómez como agregado grueso para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto ligero; determinar el porcentaje de piedra pómez con el que se pueda reducir la densidad de las unidades de albañilería de concreto ligero. La investigación realizada fue básica, con un tipo de estudio descriptivo ya que se especifica las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería y características del concreto ligero. Finalmente, Ríos Mendieta y Rojas Rivas llegan a la conclusión de que al diseñar unidades de albañilería de concreto ligero con porcentajes de 5%, 10% y 15% de reemplazo de piedra pómez como agregado grueso sí mejora las propiedades físicas del ladrillo, de acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo de alabeo cumple con los requerimientos establecidos en la norma E-070. Para el diseño de



ladrillo de concreto ligero con 5% de piedra pómez como reemplazo del agregado grueso se incrementa al 10.40%, para el diseño con 10% se incrementa al 10.95% y para el diseño con 15% se tiene un incremento de 2.31%. Por lo que llegaron a la conclusión de que las unidades de albañilería de concreto ligero con piedra pómez sí mejoran las propiedades físicas y mecánicas.

Murillo y Nina (2015) realizó la investigación denominada “Estudio del comportamiento estructural de un nuevo ladrillo de concreto ligero con adición de piedra pómez y puzolana” proyecto de tesis pregrado presentado en la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA), dentro de los objetivos relacionados del proyecto se planteó: Comparar las propiedades físicas y mecánicas de dos tipos de ladrillos. Esta investigación fue desarrollada utilizando una metodología a nivel explicativo, se aplicó un método experimental y analítico para comparar las unidades de albañilería de concreto ligero con adición de piedra pómez con unidades de arcilla calcinada; llegando a la conclusión de que para la dosificación óptima se ha tenido en cuenta la relación agua cemento  $a/c$ : 0.5 y la densidad  $\rho$ : 1.46 gr/cm<sup>3</sup> resultando 1: 1 ½ : 2 ½ cemento, arena y piedra pómez respectivamente; estos resultados han sido verificados con ensayos a compresión axial de cubos de concreto ligero de 5cm de lado.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Piedra pómez

Schumann y Álvarez (1994) define a la piedra pómez como una roca ígnea volcánica vítrea porque se constituye de vidrio espumoso. Presenta una alta porosidad que la hace particularmente “esponjosa”. Por sus características, en cosmética es utilizada como polvos abrasivos para limpieza y pulido de piezas, en la industria como elemento filtrante y absorbente. En agricultura es utilizada como aireador.

## **Figura 1**

### *Muestra de piedra pómez*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen nos muestra la piedra pómez que se usará en la investigación, tomada en la cantera San Bartolomé.

#### ***2.2.1.1 Origen de la piedra pómez***

Schumann y Álvarez (1994) “La Piedra Pómez es un vidrio volcánico de estructura vesicular o celular. Se produce por el enfriamiento rápido de materiales en fusión proyectados por los volcanes, debido a lo cual quedan ocluidos en la masa, el vapor y los gases que aquellos contenían, dando origen a la formación de un producto tan poroso y liviano que flota en el agua, recibiendo el nombre de piedra pómez aquellos granos con un diámetro mayor a 4 mm y pumicita con un diámetro inferior a 4 mm, hasta polvo casi impalpable, teniendo una composición química casi idéntica”.

### 2.2.1.2 Extracción

La piedra pómez ha sido obtenida por medio de extracción natural de la cantera ubicada en las inmediaciones del cerro San Bartolomé en las partes bajas del distrito de Juli, la extracción en su mayoría realizada por tamices aunque también, se encuentran bloques grandes.

### 2.2.1.3 Características

- **Composición química**

Schumann y Álvarez (1994) “La pumicita no se crea por igual, sus propiedades químicas varían enormemente según el yacimiento, pero por lo general, está formado principalmente por dióxido de silicio (silicato de aluminio amorfo), óxido de aluminio y trazas de otros óxidos”.

**Tabla 1**

*Composición química de la piedra pómez*

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEDRA PÓMEZ	
Dióxido de Silicio	74%
Óxido de Aluminio	12.6%
Óxido de Hierro	1.2%
Óxido Ferroso	0.7%
Sodio	2.1%
Potasio	3.0%
Calcio	0.7%
Dióxido de Titanio	0.1%
Óxido de Magnesio	0.3%
Agua	3.4%

Fuente: Ficha técnica de Armisum de la Industria La Polvorista

- **Forma física**



Schumann y Álvarez (1994) “Se encuentra desde polvos hasta 4 mm (Pumicita), y desde 4 mm Hasta bloques del orden de los 0,5 a los 5 m. Presenta a simple vista innumerables poros y diferentes relieves, siendo muy áspera en su superficie”.

- **Color – dureza**

Schumann y Álvarez (1994) “Su color es generalmente blancuzco o grisáceo, con una dureza que va de 5,5 a 6”.

- **Porosidad**

Schumann y Álvarez (1994) “Tiene una gran porosidad, la que llega a  $\frac{2}{3}$  de su volumen aproximadamente, lo que la hace sumamente liviana pesando chancada 490 – 550 Kg./m<sup>3</sup>, comparado con los 1540 – 1650 Kg/mt<sup>3</sup> que pesan la arena y ripio ordinarios, y los 1000 - 2000 Kg/mt<sup>3</sup> que pesan los ladrillos arcillosos. Esta gran diferencia en peso específico hace más fácil el manejo de bloques u otros elementos fabricados sobre la base de piedra pómez. Por otro lado este peso menor lleva como resultado una disminución de los requerimientos de fundaciones. Otras características que hacen de la piedra pómez un material apropiado en la construcción por su resistencia al fuego y condensación, moho y pestes, además de ser un excelente aislante térmico y acústico”.

### **2.2.2 Unidades de albañilería**

MVCS (2006) en la Norma Técnica E.070 denomina al ladrillo “como 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. Se aplica en ladrillos de concreto, solido o con perforaciones,



utilizados como unidades de albañilería estructural, o no estructural, es decir, que deben o no de soportar cargas” (p.13)

### *2.2.2.1 Clasificación de las unidades de albañilería*

#### **a. Por sus dimensiones:**

Los ladrillos: tienen la característica principal a su peso y sus dimensiones pequeñas con el que en el proceso de asentado hace que se pueda manejar con una sola mano. Una pieza tradicional debe tener un ancho de 11cm a 14cm, un largo de 23cm a 29cm y una altura de 6cm a 10 cm; con un peso oscilante de 3kg a 6kg.

Los bloques: a diferencia de los ladrillos están hechos para ser manipulados con ambas manos y que puede llegar a pesar hasta los 15 kg, su ancho no está determinado pues puede variar por los huecos o alveolos que tienen para ser manipulados, claro que también son usados para la armadura o el concreto líquido.

#### **b. Por su materia prima y fabricación (Norma Técnica E.070):**

Existen por la materia prima 3 tipos: de arcilla, de Sílice – Cal y de concreto.

Existen por la fabricación 2 tipos: los artesanales y los industriales.

#### **c. Por sus alveolos:**

Esta clasificación se basa en el área neta de la unidad, respecto a la superficie bruta de la cara y las características de los alveolos, existen tres tipos:

- **Sólidas o macizas:** los alveolos están necesariamente perpendiculares a la cara del asiento, que ocupan un área no mayor al 30% del área bruta, por lo cual para ser sólido aún puede tener alveolos. Generalmente las unidades



artesanales son macizas por la facilidad de su fabricación, mientras que las que tienen alveolos son hechos en fábrica.

- **Alveolares o huecas:** a diferencia de las sólidas en este tipo de ladrillos los alveolos superan el 30% del área bruta y en éstas se puede rellenar con concreto líquido. En la aplicación de este tipo se considera para las propiedades de la sección neta. Dentro de esta categoría, existen las perforadas, que al tener alveolos reducidos no pueden ser rellenos ni armados.
- **Tubulares:** tiene los alveolos paralelos a la cara de asiento. El tamaño de los alveolos será en relación al área bruta de la cara lateral.

**d. De acuerdo a su forma:**

- **Ladrillo sólido**

MVCS (2006) en la Norma Técnica E.070 “Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano”. (p.10)

- **Ladrillo hueco**

MVCS (2006) en la Norma Técnica E.070 “Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano”. (p.10)

**e. Resistencia a la compresión:**

INACAL (2015) clasifica los ladrillos según estos cuatro tipos (p.4).

- **Tipo 24:** Para su uso como unidades de enchape arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento, para su uso en alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- **Tipo 17:** Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.
- **Tipo 14:** Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- **Tipo 10:** Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

**Tabla 2**

*Requisitos de resistencia y absorción*

Tipo	Resistencia a la compresión, min, Mpa, respecto al área bruta promedio		Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades)
	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

*Fuente:* NTP 399 601.

En la tabla se muestra los requisitos de resistencia y absorción para clasificación de un ladrillo.

#### **2.2.2.2 Propiedades de las Unidades de Albañilería**

##### **a. Propiedades Físicas:**

- Resistencia a la Compresión.
- Variabilidad dimensional.

- Alabeos.
- Succión.

**b. Propiedades Mecánicas:**

- Resistencia a la Compresión.
- Resistencia a la tracción por flexión.
- Resistencia a la tracción indirecta
- Absorción.
- Absorción máxima

**2.2.2.3 Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales**

Para esta clasificación existen tres ensayos importantes quienes nos indicaran que tipo de ladrillo se está usando Norma E.070 de Albañilería del RNE (pág.13).

**Tabla 3**

*Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales*

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (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	Más de 150 mm		
<b>Ladrillo I</b>	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
<b>ladrillo II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
<b>ladrillo III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
<b>ladrillo IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
<b>ladrillo V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
<b>Bloque P</b>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP</b>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: Norma E.070 de Albañilería del RNE (pág.13)

Esta tabla muestra los requisitos y exigencias mínimas especificados por la Norma E.070 de Albañilería del RNE (pág.13) que debería cumplir las unidades de albañilería.



El ladrillo se clasificará en los siguientes tipos de acuerdo a sus propiedades.

**Tipo I:** Resistencia y durabilidad bajas. Aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

**Tipo II:** Resistencia y durabilidad bajas. Aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderado.

**Tipo III:** Resistencia y durabilidad media. Aptos para construcciones de albañilería de uso general.

**Tipo IV:** Resistencia y durabilidad alta. Aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio riguroso.

**Tipo V:** Resistencia y durabilidad muy altas. Aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

- a. Variabilidad dimensional:** (Normas NTP 399.613 y 399.604) La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión.

$$\%V = \frac{(DE - MP)}{DE} \times 100$$

Dónde:

%V: variación de dimensión en porcentajes.

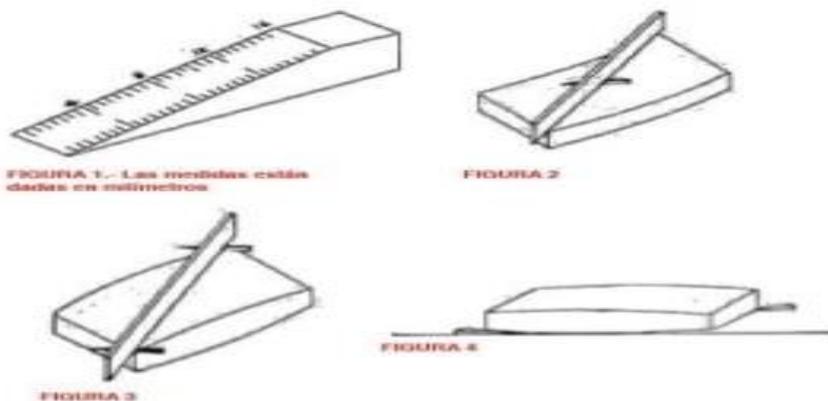
DE: Dimensión especificada en milímetros.

MP: medida promedio en cada dimensión en milímetros.

**Alabeo:** (Norma NTP 399.613) El mayor alabeo del ladrillo puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas. Así mismo conduce a un mayor espesor de la junta: o incluso puede producir fallas de tracción por flexión en las unidades por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería. Para realizar este ensayo se coloca la superficie de asiento de la unidad de albañilería sobre una mesa plana, debe colocarse una regla metálica que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad de albañilería para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada; también para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión. El resultado promedio se expresa en milímetros.

## Figura 2

### *Medición del alabeo*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra cómo se realizará el ensayo de alabeo tanto para concavidad como para convexidad



## **b. Resistencia a la compresión:**

(Normas NTP 399.613 y 399.604) La resistencia a la compresión de la albañilería ( $f^b$ ) es su propiedad más importante. En términos generales, define el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro y el nivel de su calidad estructural.

Los principales componentes de la resistencia a la compresión de albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ( $f^b$ ), la calidad de mano de obra empleada la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo.

De todos los componentes citados anteriormente, los pertinentes a la norma de la resistencia son la resistencia a compresión y la geometría del ladrillo.

### ***2.2.2.4 Pruebas no clasificatorias de la unidad para fines estructurales***

**Absorción:** Para el ensayo de absorción nos basaremos en la NTP 399.613 el cual tiene por objetivo determinar la capacidad de absorción de las muestras ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras determinaremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes ante 24 horas de inmersión en agua.

La NTP 399.613 requiere que el ensayo de absorción se realice con medias unidades como especímenes de prueba, ya que como mencionamos estas pruebas están destinadas a unidades de arcilla las cuales fácilmente pueden ser divididas en medias unidades.

Primero se realizará el secado uniforme de los especímenes en un horno estándar por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110°C. Este procedimiento se realiza con



la finalidad de eliminar la humedad natural contenida en dichos especímenes para obtener un resultado basado únicamente en la absorción de agua producto de la inmersión de las muestras.

Posteriormente se procede a pesar las muestras en una balanza con una aproximación de 1 gr. Se preparan los recipientes en los cuales se sumergirán las muestras, con la finalidad de que todas las caras del espécimen estén en contacto directo con el agua.

Se sumergen las medias unidades de albañilería en agua limpia que se encuentra a una temperatura entre 15.5°C a 30°C por un periodo de 24 horas. Pasado este tiempo, se retiran las muestras, limpiando el agua superficial con un paño para después pesar el espécimen con una aproximación de 1 gr. Las muestras se pesan dentro de los 5 minutos siguientes de ser retirado del agua.

Calculamos la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción}\% = 100 \frac{W_s - W_d}{W_d}$$

Dónde:

$W_d$ = Peso seco del espécimen.

$W_s$ = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24 horas,

Por último se calcula el promedio de la absorción de todas las muestras ensayadas, con aproximación a 0.001%



**Succión:** Éste ensayo se realiza para medir la rapidez que tiene el agua a adherirse a la unidad en la cara de asiento y es la característica principal para definir la relación de mortero – unidad en la interface de contacto y por lo tanto la resistencia a la tracción de la albañilería.

Ya que cuando la unidad tiene demasiada capacidad de succión, al colocar el mortero ésta absorbe el agua de él haciendo que se endurezca y se deforme lo que imposibilita el contacto total con la siguiente unidad.

$$Succión = \frac{(P_{su} - P_{se}) \times 200}{A}$$

Dónde:

$P_{su}$ : peso de unidad en succión

$P_{se}$ : peso de unidad en seco

$A$ : área de contacto de la unidad

## 2.2.3 Agregados para la elaboración de las unidades de albañilería

### 2.2.3.1 Ensayo de Granulometría

Los requisitos de la norma NTP 400.037 y ASTM C 33, nos permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino. El tamizado es realizado de forma manual de tal manera que el material se mantendrá en movimiento circular en vaivén horizontal y vertical. Pero para este proyecto de investigación nos basaremos en la norma E.070 Albañilería cuyos límites granulométricos están dados en la tabla 4.



**Tabla 4**

*Límites granulométricos del Agregado Fino*

<b>GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA</b>	
<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
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: Norma Técnica E. 070 Albañilería*

#### **2.2.3.1.1 Normas**

- NTP 400.012
- NTP 400.037
- ASTM C136
- ASTM C33

#### **2.2.3.1.2 Equipo**

- Balanza con aproximación de 0.1gr.
- Tamices. - La serie de tamices utilizados para agregado fino son #4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200.
- Cucharon metálico.
- Bandejas.
- Horno.

#### **2.2.3.1.3 Procedimiento**

- Se toma muestra de aproximado o peso mínimo 500 gr.

- El tamizado se realiza con tamices que cumplan la Norma NTP 350.001.
- Se tomará cada tamiz con su tapa y base, se aplicará movimiento frecuentemente de vaivén: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular.
- Se da por finalizada la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto
- no pase más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.

### Figura 3

*Tamices para el ensayo de granulometría*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra todos los tamices utilizados para realizar el ensayo de granulometría de arena gruesa y piedra pómez.

## Figura 4

### *Tamizado manual del agregado*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen nos muestra el material retenido en cada tamiz después de haber realizado el ensayo de granulometría.

#### **2.2.3.2 *Ensayo de Absorción***

La absorción en los agregados es el incremento en la masa del agregado por acción del agua contenido en los poros, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca.

##### **2.2.3.2.1 *Normas***

- NTP 400.022
- ASTM C128

##### **2.2.3.2.2 *Equipos***

- Balanza.
- Bandeja metálica.



- Horno.

#### **2.2.3.2.3 Procedimiento**

- Antes de realizar el ensayo de absorción, es necesario hacer el muestreo y el cuarteo del agregado a ser usado, para poder tener una muestra representativa.
- La muestra debe de estar seco.
- Se procede a sumergir el material en agua por 24 horas, pasado este tiempo, se remueve el material del agua, se coloca en una bandeja para hacerla secar al aire, hasta que la muestra este en estado saturado superficialmente seco.
- Para poder determinar que la muestra está en el estado saturado superficialmente seco se utiliza un molde, con forma troncocónica, al cual se le llena la muestra en solo una capa que con ayuda de un pistón se va compactando haciendo caer el pistón aproximadamente de 5mm de altura, al término de la compactación se alisa la superficie de la muestra y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre el cono conserva su forma. En este caso se repite en intervalos frecuentes, hasta que la muestra quede en forma cónica, terminada en punta sin desmoronarse. Esto indica que se ha alcanzado la condición de saturado superficialmente seca.
- Inmediatamente después se pesa, para luego llevarlo al horno para obtener su peso seco.

#### **2.2.3.3 Ensayo de Peso Específico**

El peso específico está dado por la relación del peso de las partículas del agregado grueso, al peso de un volumen igual de agua.

El peso específico es un indicador de calidad, cuando se tiene valores altos estamos frente a materiales de buena calidad; pero cuando el valor es bajo nos indica que



los agregados son absorbentes y de mal comportamiento, ameritando realizar pruebas adicionales a fin de determinar el uso de dichos materiales.

Este factor es también importante para realizar el diseño de mezclas ya que determina la cantidad de agregado requerido para un volumen unitario de concreto.

#### **2.2.3.3.1 Normas**

- NTP 400.022
- ASTM C128

#### **2.2.3.3.2 Equipos**

- Balanza, con aproximación al 0.5gr.
- Picnómetro (fiola), con capacidad 500ml o mayor.
- Molde cónico metálico, de  $40 \pm 3$ mm de diámetro en la parte superior,  $90 \pm 3$ mm de diámetro en la parte inferior y  $75 \pm 3$ mm de altura. Confeccionado por una plancha metálica de un espesor igual o superior a 0.8mm.
- Apisonador de metal, la cual es una varilla metálica con uno de sus extremos de sección plana y circular, de  $25 \pm 3$ mm de diámetro. Debe tener una masa de  $340 \pm 15$  gr.
- Horno.

#### **2.2.3.3.3 Procedimiento**

- Antes de realizar el ensayo de peso específico, es necesario hacer el muestreo y el cuarteo del agregado a ser usado, para poder tener una muestra representativa.
- La muestra aproximadamente es de 1500gr de agregado fino, el cual debe de estar seco.



- Se procede a sumergir el material en agua por 24 horas, pasado este tiempo, se remueve el material del agua, se coloca en una bandeja para hacerla secar al aire, hasta que la muestra este en estado saturado superficialmente seco.
- Para poder determinar que la muestra está en el estado saturado superficialmente seco se utiliza un molde, con forma troncocónica, al cual se le llena la muestra en solo una capa que con ayuda de un pistón se va compactando haciendo caer el pistón aproximadamente de 5mm de altura, al término de la compactación se alisa la superficie de la muestra y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre el cono conserva su forma. En este caso se repite en intervalos frecuentes, hasta que la muestra quede en forma cónica, terminada en punta sin desmoronarse. Esto indica que se ha alcanzado la condición de saturado superficialmente seca.
- Luego en una fiola de 500cm<sup>3</sup>, se introduce una cantidad de agua y luego la muestra de agregado fino saturado superficialmente seca que se pesó anteriormente, teniendo cuidado de no perder material, posteriormente se llena de agua a la fiola hasta una altura que al inclinarla nos permita expulsar las burbujas de aire contenidas, se debe colocar la fiola en baño maría e ir rolándola cada 15 min aproximadamente, hasta haber eliminado las burbujas.
- Una vez terminado se llena la fiola y se le hace reposar por 24 horas, luego se procede a colocar el agua hasta una marca en la fiola, se toma el valor de este peso.
- Se retira todo el contenido de la fiola, se le coloca agua hasta la marca anterior y se vuelve a pesar.
- Se pesa la fiola vacía.

### **Figura 5**

*Verificación del estado saturado superficialmente seco*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra la compactación del agregado fino para la verificación del estado saturado superficialmente seco

### **Figura 6**

*Baño maría de la fiola con agregado fino*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el baño maría de la fiola que se realizó para arena gruesa y piedra pómez.

### Figura 7

*Rolado de la fiola para eliminar el aire atrapado*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el rolado de la fiola cada 15 min aproximadamente hasta haber eliminado las burbujas.

#### 2.2.3.3.4 Cálculos

- Peso Específico de masa (Pem):

$$Pem = \frac{Ws}{Wa + Wsss - Wp}$$

- Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (Pesss):

$$Pesss = \frac{500}{Wsss + Wa - Wp}$$

- Peso Específico Aparente (Pea):



$$Pea = \frac{Ws}{(Wa + Wsss - Wp) - (500 - Ws)}$$

Dónde:

- Wsss : Peso de la muestra saturado superficialmente seco.
- Ws : Peso de la muestra seca.
- Wa : Peso de la fiola + agua.
- Wp : Peso de la fiola + agua + arena.

#### ***2.2.3.4 Ensayo de Contenido de Humedad***

El contenido de humedad en el agregado es el grado de humedad en que se encuentra el material, el cual tiene mucha importancia en la cuantificación del diseño de mezcla, ya que con este dato se puede determinar el aporte de agua a la mezcla.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

**Totalmente seco.** Éste estado se obtiene cuando se somete al material a secado en horno a 110°C durante 24 horas hasta que los agregados tengan un peso constante.

**Parcialmente seco.** Se logra mediante exposición al aire libre.

**Saturado y Superficialmente seco. (SSS).** En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio realizando el ensayo.

**Completamente Húmedo.** Es cuando los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.



Para determinar el contenido de humedad de nuestro agregado, lo someteremos a un proceso de secado para comparar su masa antes y después del mismo para determinar su porcentaje de humedad total.

**Fórmula para el cálculo de contenido humedad:**

$$\%CH = \left[ \frac{Po - Ps}{Ps} \right] * 100$$

Dónde:

%CH : Contenido de Humedad (%)

Po : Peso Natural de la Muestra (gr)

Ps : Peso Seco de la Muestra (gr)

**2.2.3.4.1 Normas**

- NTP 339.185
- ASTM C70, 127, 128, 566

**2.2.3.4.2 Equipos**

- Balanza.
- Bandejas metálicas.
- Horno.

**2.2.3.4.3 Procedimiento**

Se tomó una muestra inicial de agregado fino por medio de la técnica del cuarteo y se pesa en la balanza con una aproximación de 0.1gr, evitando la pérdida de humedad del material; luego de haberlo pesado se deposita la muestra en un recipiente para



someterlo a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  en el horno. 24 horas después del secado de material, se saca del horno y se deja enfriar para finalmente pesarla.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante, la siguiente fórmula:

Fórmula para el cálculo de contenido de humedad:

$$\%CH = \left[ \frac{P_o - P_s}{P_s} \right] * 100$$

Dónde:

%CH: Contenido de Humedad (%)

P<sub>o</sub> : Peso Natural de la Muestra (gr)

P<sub>s</sub> : Peso Seco de la Muestra (gr)

#### **2.2.3.5 Ensayo de Peso Unitario Suelto**

Peso unitario suelto es el resultado de la división entre el peso de las partículas de agregado grueso respecto del volumen total de un recipiente normado, donde el recipiente es llenado con el agregado sin ningún tipo de compactación.

El peso unitario se ve influenciado por la granulometría, su perfil y textura superficial, su grado de compactación y su peso específico.

##### **2.2.3.5.1 Normas**

- NTP 400.017
- ASTM C29

#### 2.2.3.5.2 *Equipos*

- Balanza.
- Molde metálico.
- Bandejas.
- Cucharon.

#### 2.2.3.5.3 *Procedimiento*

- Tomar la muestra representativa del material.
- Secar al horno el material.
- El recipiente se llena con ayuda del cucharón hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor a 50mm (2”) por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina cuidadosamente con una regla, evitando cualquier compactación.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso y volumen del recipiente.

### **Figura 8**

*Pesado del recipiente de medida*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el pesado del recipiente que se usó para el ensayo de peso unitario, como se ve se obtuvo 8009 gr.

### Figura 9

*Colocado del material en el recipiente*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra la colocación del material en el recipiente a una altura no mayor a las 2”

#### 2.2.3.5.4 Cálculos

- Peso de la muestra (Pm):

$$Pm = P(m + mld) - Pmld$$

- Peso Unitario Suelto (PUS):

$$PUS = \frac{Pm}{Vmld}$$

Donde:



- $P(m+mld)$  : Peso de la muestra + Peso del molde.
- $Pmld$  : Peso del molde.
- $Vmld$  : Volumen del molde.

#### ***2.2.3.6 Ensayo de Peso Unitario Compactado***

Método del Varillado o Apisonado: Este método se realiza cuando el tamaño máximo del agregado es menor a 50 milímetros (2 pulgadas). Para este método utilizamos una muestra, la cual tendrá que ser secada al aire previamente.

##### ***2.2.3.6.1 Normas***

- NTP 400.017
- ASTM C29

##### ***2.2.3.6.2 Equipos***

- Balanza.
- Molde metálico.
- Bandejas.
- Cucharón.
- Varilla metálica lisa con punta semiesférica.

##### ***2.2.3.6.3 Procedimientos***

- Se realiza el muestreo y cuarteo del material.
- Se realiza el secado del material.
- Se llena una tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie. Se compacta la capa del agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes

distribuidos uniformemente sobre la superficie en forma helicoidal. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se repite el compactado. Por último se llena el recipiente metálico con agregado hasta rebosar se vuelve a compactar con la varilla también 25 golpes, para luego enrasar con una regla metálica o en su defecto con la misma varilla.

- Al compactar la primera capa se procura que la varilla no golpee el fondo con fuerza, al compactar las últimas dos capas la barra debe penetrar solo la última capa de agregado colocada.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso y volumen del recipiente, se registran estos datos.

### **Figura 10**

*Varillado de la capa del agregado con la barra compactadora*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen nos muestra el varillado de la segunda capa con 25 golpes en forma helicoidal

## Figura 11

### *Pesado y toma de datos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el pesado del recipiente después de haber realizado el varillado y enrazado del material

#### 2.2.3.6.4 Cálculos

- Peso de la muestra ( $P_m$ ):

$$P_m = P(m + mld) - Pmld$$

- Peso Unitario Varillado (PUV):

$$PUV = \frac{P_m}{V_{mld}}$$

Dónde:

- $P(m+mld)$  : Peso de la muestra + Peso del molde.
- $Pmld$  : Peso del molde.
- $V_{mld}$  : Volumen del molde.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 Método de investigación:

El método de investigación es de enfoque cuantitativo dado que enfatiza la relación entre variables, donde se usa el marco teórico para conocer la realidad; los ensayos para la obtención de datos y a través del razonamiento lógico y pruebas estadísticas demostrar la hipótesis planteada.

##### 3.1.2 Diseño de la investigación:

La investigación presentada está orientada a la evaluación estudio del comportamiento estructural de unidades de albañilería de concreto ligero con adición de piedra pómez, por ello el diseño de investigación es: Experimental; ya que se realizó ensayos en el laboratorio y se evaluó las variables según el tiempo de observación.

##### 3.1.3 Nivel de investigación:

La investigación que se llevó a cabo será de tipo Explicativo ya que este tipo de estudio busca el porqué de los hechos, estableciendo relaciones de causa-efecto. Según Fernández, Hernandez, y Baptista, (2003) “Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables”



## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 Población**

La presente investigación se realizó bajo la modalidad de no probabilística intencional, en el cual el investigador decide el universo de estudio, la población y el tamaño de la muestra de acuerdo a su criterio técnico, de tal manera que esta investigación estudió a la piedra pómez como elemento principal de un hormigón liviano de carácter estructural y la resistencia a la compresión comparando:

- Unidades de Albañilería convencionales.
- Unidades de albañilería de concreto ligero utilizando como agregado grueso piedra pómez.

### **3.2.2 Muestra**

El muestreo a utilizar para la presente investigación es muestreo no probabilístico. En cuanto al diseño para la elaboración de los ladrillos de concreto, se realizará mediante una metodología experimental a través de experimentos, mediante los ensayos de compresión de cubos de 5cmx5cm a los 3 días y 7 días, en los cuales se considerará porcentajes de piedra pómez del 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75%, los cuales se realizarán 6 cubos de cada uno, teniendo un total de 60 cubos de concreto.

Para la elaboración de unidades de albañilería se tomará el porcentaje óptimo de piedra pómez y se tendrá las siguientes muestras:

Para las Propiedades Físicas tenemos los siguientes ensayos:

- Ensayo de Variabilidad dimensional.
- Ensayo de Alabeo.



- Ensayo de Succión 5 unidades de albañilería

Para las Propiedades Mecánicas tenemos los siguientes ensayos:

- Ensayo de Absorción 3 unidades de albañilería.
- Ensayo de Absorción máxima 5 unidades de albañilería.
- Resistencia a la Tracción por flexión 5 unidades de albañilería.
- Resistencia a la Tracción Indirecta 5 unidades de albañilería.
- Ensayo de Resistencia a la compresión 5 unidades de albañilería.

Teniendo un total de 28 unidades de albañilería.

### **3.3 DISEÑO DE MEZCLAS PARA LA ELABORACIÓN DE CUBOS**

#### **3.3.1 Metodología de diseño**

En cuanto al diseño de mezclas para la elaboración de los ladrillos de concreto, se realizó mediante una metodología experimental a través de experimentos, mediante los ensayos de compresión de cubos de 5x5. Mediante ensayos de compresión de cubos de diferentes dosificaciones se obtuvieron unas curvas de donde se elegirá la dosificación óptima.

#### **3.3.2 Proceso de diseño**

En la elección del diseño de mezclas más óptimo se realizó cubos de diferentes dosificaciones, variando el porcentaje de reemplazo de la arena gruesa con arena de piedra pómez, manteniendo siempre constante la dosificación 1:4 (cemento: arena), se obtuvieron puntos en las gráficas para 3 días y 7 días. En la elaboración de los cubos estos fueron separados a partir de la malla número 4 para la arena gruesa y para la piedra pómez.

### 3.3.2.1 Proceso de elaboración de cubos

- Selección y tamizados de los agregados adecuados con las mallas respectivas.
- Después de que se realizó la mezcla (cabe recalcar que la mezcla hecha a los cubos tiene que ser seca, pero por la alta absorción de la piedra pómez se realizó con relación a/c 1), se compacta en tres capas de cinco golpes por cada capa.

#### Figura 12

##### *Preparación de la mezcla*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

#### Figura 13

##### *Elaboración de los cubos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 14**

*Codificación de los cubos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la imagen se puede observar algunos cubos con sus respectivos códigos

**Figura 15**

*Colocación de los cubos en bolsas*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

No se puede curar sumergiéndolos en el agua, porque la mezcla usada para la elaboración de estos cubos es seca, y cuando los curamos sumergiéndolos se proceden a desprender algunos granos y esto no es recomendable.

Antes de ensayar tomamos su peso y medidas para hallar la densidad de cada dosificación. Luego los ensayamos las mismas dosificaciones a los 3 días y a los 7 días, se pueden observar los diferentes tipos de falla que se presentan al momento de llegar a la falla.

### Figura 16

*Pesado de los cubos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la imagen se muestra el pesado de los cubos antes de realizar el ensayo de resistencia a la compresión, esto para determinar la densidad del cubo.

### Figura 17

*Ensayo de resistencia a la compresión de los cubos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la imagen se muestra el ensayo de resistencia a la compresión de los cubos.

### 3.3.3 Interpretación de resultados

Para elegir el diseño de mezclas adecuado se realizaron varias muestras de cubos y luego se ensayaron a los tres y siete días para luego sacar las conclusiones.

**Tabla 5**

*Resistencia a la compresión de cubos a los tres días*

RESULTADOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS A LOS TRES DÍAS									
CODIGO	DOSIFICACIÓN	REEMPLAZO DE ARENA POR PIEDRA PÓMEZ	FECHA ELABORACIÓN DE CUBOS	DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE MORTERO			PESO	FUERZA	FECHA DE ROTURA
				LARGO	ANCHO	ALTO			
				1	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0			
2	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.89	4.99	4.99	239.7	1954	27/05/2021
3	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.00	5.01	4.99	235.2	2227	27/05/2021
4	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	5.01	4.89	238.8	2026	27/05/2021
5	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	5.01	4.98	242.3	2047	27/05/2021
6	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	4.99	4.89	239.7	2328	27/05/2021
13	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.02	5.01	5.00	225.1	1912	29/05/2021
14	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.05	5.00	4.98	222.3	1991	29/05/2021
15	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.00	5.04	5.02	224.8	2117	29/05/2021
16	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.00	4.98	4.98	221.3	2008	29/05/2021
17	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.08	5.02	4.99	220.3	1926	29/05/2021
18	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	4.90	5.00	4.98	223.6	1818	29/05/2021
25	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.00	4.99	4.90	182.1	1674	30/05/2021
26	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.01	5.01	4.98	203.2	1715	30/05/2021
27	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.10	4.98	4.98	186.3	1648	30/05/2021
28	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.05	5.00	4.90	199.3	1593	30/05/2021
29	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.05	5.05	4.92	186.0	1618	30/05/2021
30	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.04	5.07	4.91	186.5	1621	30/05/2021
37	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	5.01	4.98	191.0	1511	02/06/2021
38	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	5.01	4.97	180.1	1713	02/06/2021
39	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	4.99	4.99	172.2	1382	02/06/2021
40	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.99	4.99	4.97	188.6	1605	02/06/2021
41	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	4.98	4.98	177.5	1339	02/06/2021
42	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	4.97	4.97	188.7	1224	02/06/2021
49	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.99	4.97	191.1	1519	03/06/2021
50	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.00	4.99	4.96	195.2	1467	03/06/2021
51	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.98	5.01	4.99	194.4	1472	03/06/2021
52	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.99	4.98	5.00	183.8	1381	03/06/2021
53	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.00	5.01	4.97	179.7	1502	03/06/2021
54	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.99	4.98	184.8	1401	03/06/2021
61	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	4.98	4.99	179.1	1445	04/06/2021
62	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.99	5.00	4.98	173.5	1541	04/06/2021
63	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.97	5.01	4.99	191.4	1413	04/06/2021
64	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.01	5.00	4.97	180.2	1381	04/06/2021
65	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	5.01	4.99	192.5	1314	04/06/2021
66	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.99	5.00	5.00	174.4	1293	04/06/2021

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra los datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 3 días de los cubos con los distintos porcentajes de adición de piedra pómez, así como sus respectivas medidas para posteriormente poder determinar la densidad de las muestras de cubos.

**Tabla 6**

*Ensayo de resistencia a la compresión de cubos a los siete días*

RESULTADOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS A LOS SIETE DÍAS									
CODIGO	DOSIFICACIÓN	REEMPLAZ O DE ARENA POR PIEDRA PÓMEZ	FECHA ELABORA CIÓN DE CUBOS	DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE MORTERO			PESO	FUERZA	FECHA DE ROTURA
				LARGO	ANCHO	ALTO			
7	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.00	5.00	4.97	233.5	2747	31/05/2021
8	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.90	5.08	5.04	235.7	2649	31/05/2021
9	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.99	4.98	5.00	239.4	2813	31/05/2021
10	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.92	4.99	5.00	239.3	2835	31/05/2021
11	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.96	5.00	4.91	242.3	2736	31/05/2021
12	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	5.00	4.99	238.3	2728	31/05/2021
19	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.01	4.99	5.00	218.6	2671	02/06/2021
20	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.00	5.01	4.99	221.3	2714	02/06/2021
21	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.01	5.00	4.97	214.7	2687	02/06/2021
22	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.01	5.01	4.95	215.2	2599	02/06/2021
23	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	4.97	4.99	4.99	221.2	2674	02/06/2021
24	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	4.99	4.99	4.98	220.6	2684	02/06/2021
31	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	4.99	5.00	5.01	200.8	2632	03/06/2021
32	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.01	5.00	4.99	198.0	2523	03/06/2021
33	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.01	5.00	4.98	202.7	2498	03/06/2021
34	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.02	5.01	4.99	177.4	2611	03/06/2021
35	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	4.99	5.01	4.97	204.2	2578	03/06/2021
36	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.00	4.89	4.97	199.7	2495	03/06/2021
43	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	4.99	4.95	192.3	2548	06/06/2021
44	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.98	4.99	4.96	190.5	2413	06/06/2021
45	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	5.01	4.99	190.2	2374	06/06/2021
46	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.99	4.98	5.00	191.4	2515	06/06/2021
47	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.98	5.00	4.97	194.6	2478	06/06/2021
48	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	4.98	4.98	191.2	2601	06/06/2021
55	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.98	4.97	5.00	178.7	2408	07/06/2021
56	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.00	4.98	4.97	179.3	2318	07/06/2021
57	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.97	4.98	175.4	2294	07/06/2021
58	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.97	4.99	4.98	181.3	2307	07/06/2021
59	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.99	5.00	4.98	177.9	2306	07/06/2021
60	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.98	4.99	182.4	2298	07/06/2021
67	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	4.98	4.98	180.4	2325	08/06/2021
68	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.01	4.99	4.97	178.3	2302	08/06/2021
69	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.97	4.98	4.97	182.5	2214	08/06/2021
70	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.01	5.01	4.99	181.8	2305	08/06/2021
71	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.99	4.99	4.98	180.4	2281	08/06/2021
72	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	4.98	4.97	179.7	2407	08/06/2021

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra los datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de los cubos con los distintos porcentajes de adición de piedra pómez, así como sus respectivas medidas para posteriormente poder determinar la densidad de las muestras de cubos.

### 3.4 ELABORACION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA

Los ladrillos de concreto ligero, aligerados sustituyendo parcialmente la arena gruesa con piedra pómez, han seguido un proceso de manufactura que se describe a continuación:

#### 3.4.1 El molde

**Cajón:** Cuatro planchas unidas en forma rectangular por soldadura eléctrica, cuyas dimensiones son de 14X24cm. y una altura de 10cm.

#### Figura 18

*Cajón del molde del ladrillo*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra las medidas del cajón del molde cuyas medidas son 24cm de largo, 14cm de ancho y 10cm de altura.

**Guías alveolares:** Tubos de sección circular que tienen la función de guías para la base inferior y el pisón y también de generar los alveolos en el concreto (similares a los alveolos circulares de un ladrillo de arcilla calcinada).

**Placa:** Es una sección rectangular plana de metal de las mismas dimensiones que el interior del cajón con una holgura 3/16 en todos los lados, que le permite deslizarse por el interior del cajón; esta placa tiene la función de soportar el peso del concreto y la fuerza de compactación.

### Figura 19

*Placa y guías alveolares del molde*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra la placa y guías alveolares los cuales generaran los alveolos en el concreto similares a los alveolos circulares de un ladrillo de arcilla calcinada.

**Pisón:** Es una placa similar a la de la base inferior que cuenta con dos pequeños apoyos dispuestas en forma vertical a una misma distancia entre estas en donde se aplica la fuerza de compactación. La función principal del pisón es confinar la parte superior del molde para compactar el concreto.

## Figura 20

### *Pisón del molde del ladrillo*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el pisón cuya función es compactar con ayuda de un martillo de goma por los dos apoyos.

### **3.4.2 Fabricación del molde**

El proceso de fabricación del molde ha sido completamente por medio de arco eléctrico de soldadura, la soldadura eléctrica permitió unir las piezas del molde con precisión.

### **3.4.3 Proceso de elaboración del ladrillo de concreto ligero**

Paso 1 (dosificación). Al ya tener la dosificación escogida previamente; esta mezcla consistía en uno de cemento, uno de arena gruesa, tres de piedra pómez y uno de agua (1 C; 1 AG; 3 PP; 1 A), esta dosificación está dada en volumen, se utilizó un balde de medida estándar la mezcla se preparaba en un trompo pequeño donde se batía por cinco minutos y se agregaba medio balde de agua la apariencia de la mezcla era caracterizada por la formación de unas bolas de un cuarto pulgada a pulgada y media de diámetro, estas

bolas tenían una superficie brillante dada por una capa de agua su composición era pastosa y era una mezcla seca, no presenta slump.

Paso 2 (colocación). La colocación empieza con engrasar con petróleo toda la superficie interna del molde para el fácil desplazamiento del ladrillo, se procede a colocar la mezcla en el molde de manera uniforme abarcando toda el área para una buena compactación, para abarcar el área completa del molde se hizo uso de una varilla que sirvió para distribuir la mezcla uniformemente sobre toda el área de la placa de la base inferior; se distribuyen tres capas y por cada capa se dan cinco golpes de compactación con un martillo de goma (estos golpes fueron propiciados en los apoyos del pisón).

### **Figura 21**

*Distribución de la mezcla con ayuda de una varilla*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra como es el colocado de las tres capas de mezcla de concreto y su distribución uniforme con ayuda de una varilla

## Figura 22

### *Compactado de capas del ladrillo*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra la compactación realizada con el pisón y con ayuda de un martillo de goma con el cual se dan 5 golpes en los apoyos

Paso 3 (extracción). Para la extracción se coloca un pedazo de triplay encima del molde para así poder voltearlo y colocarlo en una superficie donde pueda descansar sin deformarse hasta que llegue a fraguar, luego se retira el cajón del molde hacía arriba, seguido por la base inferior y el ladrillo queda totalmente en el exterior.

### Figura 23

*Retirado del cajón del molde*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

### Figura 24

*Retirado de las guías alveolares*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra cómo se realiza el desmoldado de las unidades de concreto ligero retirando del cajón del molde así como de sus guías alveolares.

Paso 4 (curado). Luego que el ladrillo pueda ser manipulable se realiza el curado y, el curado fue a la sombra, regándolo periódicamente con agua durante siete días, se humedecen los ladrillos al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes y se les cubre con plásticos o costales húmedos para evitar que no se evapore fácilmente el agua (San Bartolomé, 1994)., un curado en pozo con agua hubiese sido deletéreo para las unidades, al someter a las unidades a un curado con agua se observa un desgaste del ladrillo provocándole un lavado de finos quedando el ladrillo desgastado y perdiendo masa de forma lenta pero evidente a primera vista.

### **Figura 25**

*Curado de las unidades de albañilería*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el curado de las unidades de concreto ligero realizada por aspersión, ya que no se puede sumergirlo en agua porque se provocaría un desgaste del ladrillo.

### **3.5 ENSAYOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

El material de comparación es el ladrillo diamante 18 huecos



### **3.5.1 Porcentaje de área de alveolos en los ladrillos**

Según la norma si el área neta de asiento es más de 70% del área bruta se considera ladrillo sólido.

Para realizar una medida exacta del porcentaje de huecos en cuanto al ladrillo diamante se usó el programa AutoCAD. Para el ladrillos de concreto no hace falta eso porque ya se tiene el plano del molde y además los ladrillos no presentan irregularidades y si los hay son mínimos.

El ladrillo de concreto ligero (alveolos circulares) consta de 15 alveolos circulares de 2.66 cm de diámetro.

### **3.5.2 Ensayo de variación de dimensiones**

Para clasificar el ladrillo nos basaremos en la norma E-070 -2006

#### ***3.5.2.1 Descripción del ensayo***

La variabilidad dimensional es la propiedad de las unidades que define la altura de las hiladas, ya que a mayor variación mayor será el espesor de la junta; según estudios anteriormente realizados el espesor óptimo está entre 9 a 12 mm, la norma peruana recomienda una junta de 10mm

#### ***3.5.2.2 Procedimiento de ensayo – Norma NTP 399.613***

- Se utilizaron como muestra 10 ladrillos secos enteros
- Se usará una regla metálica graduada al milímetro

- Se mide en cada espécimen entero el largo el ancho y el alto con precisión de un milímetro. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatros medidas entre los puntos medios del borde de cada cara

La variación en porcentaje de cada dimensión se calculara con la siguiente expresión:

$$V = \frac{(DE - MP)}{DE} \times 100$$

Dónde:

V: Variación de dimensión en porcentaje.

DE: Dimensión especificada en milímetros.

MP: Medida promedio en cada dimensión en milímetros.

### Figura 26

*Medición para el ensayo de variación de dimensiones*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



La imagen muestra la medición para el ensayo de variación de dimensiones, medidas tomadas entre los puntos medios del borde de cada cara.

### **3.5.3 Ensayo de Alabeo**

El alabeo es una propiedad que al igual que la variabilidad dimensional define la altura de las hiladas. Se puede presentar como concavidad y convexidad, dicho ensayo se usa para determinar el espesor de la junta de mortero, se expresa en milímetros.

#### ***3.5.3.1 Descripción del ensayo – norma NTP 399.613***

##### ***3.5.3.1.1 Instrumentos***

En este ensayo se utilizarán 2 cuñas de acero graduadas al medio milímetro. Para este ensayo se usarán 10 unidades, las cuales estarán enteras, secas y limpias de suciedad superficial; se medirá qué tan cóncavo o convexo es la superficie.

##### ***3.5.3.1.2 Procedimiento***

La muestra estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos, puede utilizarse los mismos ladrillos usados para el ensayo de Variabilidad dimensional. Según el alabeo se presente como concavidad o convexidad, se siguen los pasos que se detallan a continuación:

##### ***3.5.3.1.3 Medición de concavidad***

Para este ensayo se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo luego se introduce la cuña en el punto correspondiente de la flecha máxima después se efectúa la lectura con precisión de 1mm y se registra e valor obtenido.

#### 3.5.3.1.4 *Medición de convexidad*

Se coloca el borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo luego se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal.

#### **Figura 27**

*Medición de la concavidad y convexidad de los ladrillos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra la medición de concavidad y convexidad para el ensayo de alabeo realizada a ambas unidades de albañilería.

#### **3.5.4 Ensayo de Absorción**

La absorción nos indica a la medida de la permeabilidad de una unidad de albañilería, es la medida de transferencia del agua desde un medio externo a una unidad de albañilería (ladrillo). Una absorción elevada (más de 22%) indica que el ladrillo es poroso y de baja resistencia a la acción de la intemperie.

### 3.5.4.1 Descripción del ensayo

Norma: NTP 399.613

- Se utilizaron como muestra 05 medios ladrillos secos.
- Se pesan dichas unidades en estado seco.
- Se sumergió, las unidades por un espacio de 24 horas, para pesar.

La absorción se halla mediante la siguiente expresión.

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

Dónde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen

$W_s$  = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría.

### Figura 28

*Sumergido de las unidades por 24 horas*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el sumergido de las unidades de albañilería de concreto ligero y de arcilla calcinada por 24 horas para el ensayo de absorción.

### **Figura 29**

*Pesado de las unidades en estado seco y saturado*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen nos muestra el pesado de las unidades de albañilería en estado seco y saturado para el ensayo de absorción.

### **3.5.5 Ensayo de Absorción Máxima**

La absorción máxima es una medida de la impermeabilidad de las unidades de albañilería, la norma utiliza esta característica para las limitaciones de uso de las unidades.

#### ***3.5.5.1 Descripción del ensayo***

Para este ensayo se tomaron 5 unidades enteras y secas, la unidad es pesada y luego sumergida en un recipiente por 24 horas luego colocar en un recipiente especial con agua destilada esperando que llegue al estado de ebullición, cuidando que el agua circule libremente por los costados.

$$ABS_{MAX} = 100 \times \frac{Peso_{sats} - Peso_{seco}}{Peso_{seco}}$$

Dónde:

Peso\_seco=Peso seco del espécimen

Peso\_sats=Peso del espécimen saturado,5 horas de ebullición

### Figura 30

*Sumergido de las unidades por 24 horas y 5 horas de ebullición*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

### **Figura 31**

*Pesado de las unidades en estado seco y saturado*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra el pesado de las unidades de albañilería después de saturarlo por 24 horas y 5 horas de ebullición.

#### **3.5.6 Ensayo de Succión**

Las unidades que poseen altos índices de succión, dificultan la unión con el mortero, ya que en el momento del asentado la unidad absorbe el agua del mortero y lo seca evitando que exista una buena adherencia esta es la propiedad que determina la interacción de la unidad con el mortero; y por lo tanto la resistencia a la a fuerza cortante de la albañilería.

##### ***3.5.6.1 Descripción del ensayo***

La diferencia en peso en gramos entre la pesada final y la inicial, es el peso de agua absorbida por el ladrillo durante un minuto de contacto con el agua.



Si el área de contacto difiere en más de 2.5% de 200 cm<sup>2</sup> (205 cm<sup>2</sup>) se corregirá el peso usando la expresión:

$$X = \frac{200 \times W}{A}$$

Dónde:

X: Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm<sup>2</sup>

W: Diferencia en pesos del espécimen en g.

A: Área de contacto de la unidad con el agua en cm<sup>2</sup>

La diferencia de pesos será la succión y se reportará el promedio de las 5 unidades ensayadas.

### **3.5.6.2 Instrumentos**

Bandeja o recipiente para agua, con una profundidad interior de no mayor de 12,5 mm y de un largo y ancho tales que resulte un área de no menor de 2 000 cm<sup>2</sup>. Se debe incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua 0,25 mm por encima de los soportes.

Soporte para los ladrillos: Se usará dos barras idénticas de metal no corrosible, con sección rectangular de 5 mm de altura y de un ancho no mayor de 10 m. Balanza, Horno, Cronómetro: Calibrado en segundos, que indique un período de 1 minuto.

Ladrillos enteros (5 unidades)

### 3.5.6.3 Procedimiento

Se procede a secar a los especímenes en el horno entre 110°C 115°C durante 24 horas y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se miden el largo y ancho de la superficie del espécimen con una precisión de 1 mm, que estará en contacto con el agua. Se pesa el espécimen con una aproximación de 0,5 g. Se nivela el fondo de la bandeja de tal forma que no presente pendiente. Se coloca el espécimen encima de los soportes contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el período de contacto, 1 min  $\pm$  1 s se mantiene el nivel de agua en el original agregando agua según sea necesario.

Pasado el minuto de contacto con el agua, se saca el espécimen y se seca el agua superficial con un trapo húmedo. Se pesa el espécimen con una precisión de 0,5 g. La pesada se debe realizar en un lapso no mayor de 2 min después de haberlo retirado del contacto con el agua.

#### Figura 32

*Colocación de las unidades en la bandeja sobre los apoyos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen nos muestra cómo se realizó el ensayo de succión lo cual consistió en la colocar las unidades de albañilería sobre dos apoyos durante un periodo de 1 minuto.

### Figura 33

*Sacado de las unidades después de un minuto en contacto con el agua*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Pasado 1 minuto en contacto con el agua se retira las unidades de albañilería y se seca el agua superficial con un trapo húmedo para luego pesarlo.

#### 3.5.7 Resistencia a Tracción por Flexión

Para este ensayo se tomaron 5 unidades enteras y secas, las unidades serán ensayadas en la máquina de compresión, éstas estarán apoyadas en Barras cilíndricas con una luz no mayor de 18cm cargándola en el centro. La resistencia de la unidad será calculada con la expresión.

$$f'_{btf} = \frac{3P_u L}{2bt_b^2}$$

Dónde:

$f'_{btf}$  : es la resistencia a la tracción por flexión de la unidad

$P_u$ : es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en kg.

L: es la luz entre los apoyos.

b: es el ancho de la unidad.

t: es la altura de la unidad.

### Figura 34

*Realización del ensayo de tracción directa por flexión*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

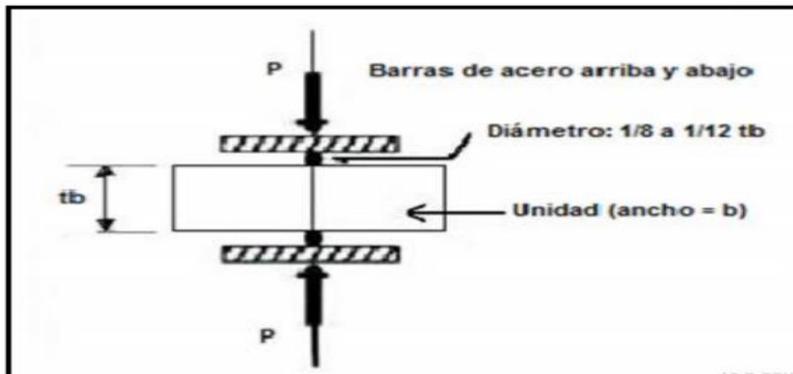
La imagen muestra cómo se realizó el ensayo de tracción directa por flexión en el laboratorio para ambas unidades de albañilería

### 3.5.8 Resistencia a la Tracción Indirecta

Para este ensayo se tomaron 5 unidades enteras y secas, las unidades serán fijadas con precisión en la parte central, arriba y abajo del plano de rotura, con una barra de pequeño diámetro y ensayadas en la máquina de compresión.

### Figura 35

#### *Especificaciones de ensayo tracción indirecta*



Fuente: Norma ASTM C-1006

La resistencia de la unidad será calculada con la expresión dada en la norma ASTM C-1006:

$$f'_{bti} = \frac{2P_u}{\pi b t_b}$$

Dónde:

$f'_{bti}$ : es la resistencia a la tracción indirecta de la unidad.

$P_u$ : es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina.

$b$ : es el ancho de la unidad.

$t_b$ : es la altura de la unidad.

### **Figura 36**

#### *Resistencia a la tracción indirecta*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La imagen muestra cómo se realizó el ensayo de tracción indirecta en el laboratorio para ambas unidades de albañilería

### **3.5.9 Ensayo de Resistencia a la Compresión**

La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería ( $f'_b$ ) es la propiedad más importante que tienen las unidades de albañilería, no solo define su capacidad estructural sino también de exposición. Debido a que valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad de la unidad, es decir que será un indicativo de la resistencia a la compresión de la albañilería ( $f'_m$ ). Sin embargo la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la albañilería.

#### ***3.5.9.1 Descripción del ensayo***

Según la Norma NTP 399.613. Se utilizaron como muestra 05 medios ladrillos secos. Se tomó las dimensiones (largo x ancho) de dichas medias unidades. Se procedió

a aplicar el caping sobre las caras superior e inferior de los ladrillos, para uniformizar las irregularidades que pueda presentar la superficie.

La resistencia de cada espécimen se calcula dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la superficie de asiento

$$C = \frac{P_u}{A}$$

Dónde:

C: resistencia a la compresión

Pu: carga de rotura

A: área bruta

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'b$ ) se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

$$f'b = C - \sigma$$

### Figura 37

*Ensayo de resistencia a la compresión*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS

##### 4.1.1 Granulometría arena gruesa cantera cutimbo

**Tabla 7**

*Ensayo de granulometría para el agregado fino cantera cutimbo*

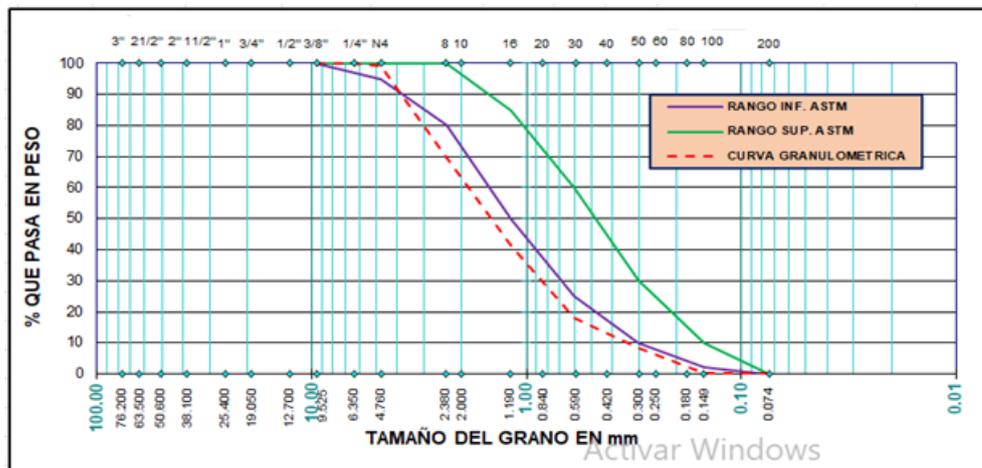
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 868.00 gramos						NORMA ASTM C - 136
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO gr.	PESO RETENIDO %	RETENIDO ACUMULA %	PASANTE %	
N° 4	4.760	8.00	0.92	0.92	99.08	"si cumple"
N° 8	2.360	256.00	29.49	30.41	69.59	"no cumple"
N° 16	1.190	244.00	28.11	58.53	41.47	"no cumple"
N° 30	0.600	203.00	23.39	81.91	18.09	"no cumple"
N° 50	0.300	86.00	9.91	91.82	8.18	"no cumple"
N° 100	0.149	68.00	7.83	99.65	0.35	"no cumple"
N° 200	0.074	2.00	0.23	99.88	0.12	"no cumple"
<N° 200		1.00	0.12	100	0.00	"si cumple"
TOTAL		868.00	100			

Modulo de fineza: 3.63

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Figura 38**

*Curva granulométrica del agregado fino cantera cutimbo*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Los resultados indican que los agregados, aunque se encuentran de manera muy ajustada dentro de los límites permitidos y recomendados de granulometría, se pueden considerar como aceptables y adecuados para el uso de ellos en el proceso de investigación.

#### 4.1.2 Granulometría de la piedra pómez

**Tabla 8**

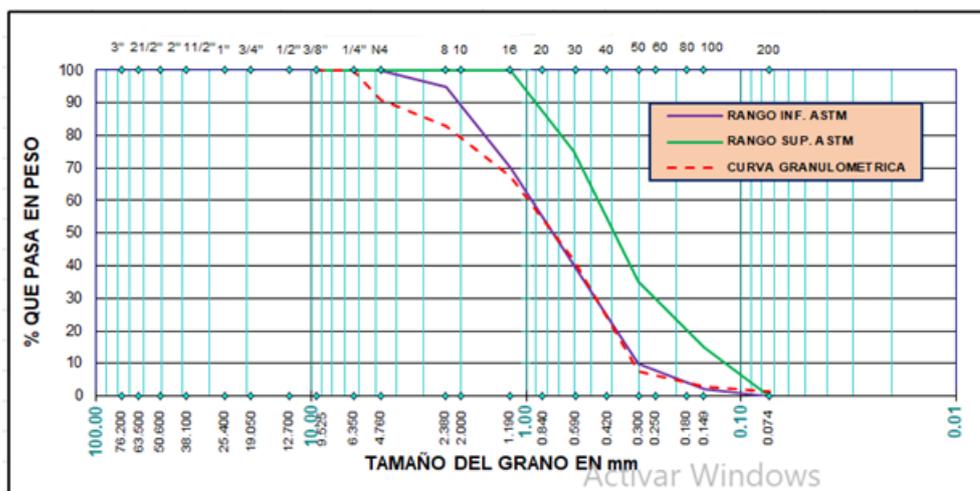
*Ensayo de granulometría para la piedra pómez*

PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 785.00 gramos						
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO gr.	PESO RETENIDO %	RETENIDO ACUMULA %	PASANTE %	NORMA E - 070
N° 4	4.760	70.00	8.92	8.92	91.08	"no cumple"
N° 8	2.360	63.00	8.03	16.94	83.06	"no cumple"
N° 16	1.190	122.00	15.54	32.48	67.52	"no cumple"
N° 30	0.600	202.00	25.73	58.22	41.78	"si cumple"
N° 50	0.300	269.00	34.27	92.48	7.52	"no cumple"
N° 100	0.149	37.00	4.71	97.20	2.80	"si cumple"
N° 200	0.074	10.00	1.27	98.47	1.53	"no cumple"
<N° 200		12.00	1.53	100.00	0.00	"si cumple"
TOTAL		785.00	100			

Modulo de fineza: 3.06

**Figura 39**

*Curva granulométrica para la piedra pómez*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Los resultados indican que los agregados, aunque se encuentran de manera muy ajustada dentro de los límites permitidos y recomendados de granulometría, se pueden considerar como aceptables y adecuados para el uso de ellos en el proceso de investigación

#### 4.1.3 Absorción de arena gruesa y piedra pómez

**Tabla 9**

*Ensayo de absorción*

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ARENA GRUESA		
DATOS	UNIDADES	
PESO SSS	350	gr
PESO SECO	335	gr
% ABSORCIÓN	4.48	%
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE PIEDRA PÓMEZ		
DATOS	UNIDADES	
PESO SSS	350	gr
PESO SECO	295	gr
% ABSORCIÓN	18.64	%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra que el porcentaje de absorción de la arena gruesa obtenido es de 4.48% y el porcentaje de absorción de la piedra pómez obtenido es 18.64%, con estos resultado podemos deducir que la alta absorción de la piedra pómez aumentará considerablemente el agua utilizada en la preparación de la mezcla.

#### 4.1.4 Peso específico de la arena gruesa y piedra pómez

**Tabla 10***Ensayo de Peso Específico*

<b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA GRUESA</b>			
<b>DATOS</b>	<b>UND</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>
MUESTRA SECA	gr	335	334.8
P. MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA	gr	350	350
VOLUMEN DE LA FIOLA	cm <sup>3</sup>	500	500
P. FIOLA+MUESTRA+AGUA	gr	882	876
P.FIOLA+AGUA	gr	676.3	669.9
PESO ESPECÍFICO SECO (Pe)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.32</b>	<b>2.33</b>
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (P <sub>esss</sub> )	gr/cm <sup>3</sup>	2.43	2.43
PESO ESPECÍFICO APARENTE (Pe <sub>a</sub> )	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.6
<b>PESO ESPECÍFICO PROMEDIO = 2.32 gr/cm<sup>3</sup></b>			
<b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA PÓMEZ</b>			
<b>DATOS</b>	<b>UND</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>
MUESTRA SECA	gr	295	295.6
P. MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA	gr	350	350
VOLUMEN DE LA FIOLA	cm <sup>3</sup>	500	500
P. FIOLA+MUESTRA+AGUA	gr	838	830
P.FIOLA+AGUA	gr	676.3	669.9
PESO ESPECÍFICO SECO (Pe)	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.57</b>	<b>1.56</b>
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (P <sub>esss</sub> )	gr/cm <sup>3</sup>	1.86	1.84
PESO ESPECÍFICO APARENTE (Pe <sub>a</sub> )	gr/cm <sup>3</sup>	2.21	2.18
<b>PESO ESPECÍFICO PROMEDIO = 1.56 gr/cm<sup>3</sup></b>			

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra cómo se desarrolló el ensayo de peso específico para la arena gruesa y para la piedra pómez, para lo cual se tuvo dos muestras de ambos agregados, el peso específico superficialmente seco (P<sub>esss</sub>) obtenido para la arena gruesa es de 2.43 gr/cm<sup>3</sup> y para la piedra pómez es de 1.85 gr/cm<sup>3</sup>; en cuanto al peso específico aparente (Pe<sub>a</sub>) obtenido para la arena gruesa es de 2.6 gr/cm<sup>3</sup> y para la piedra pómez se obtuvo 2.2 gr/cm<sup>3</sup>. El peso específico seco (Pe) obtenido para la arena gruesa es de 2.32 gr/cm<sup>3</sup> y para la piedra pómez se obtuvo 1.56 gr/m<sup>3</sup>, con este resultado podemos deducir que por el bajo peso específico de la piedra pómez bajará notablemente el peso de las unidades de albañilería a elaborar.

#### 4.1.5 Contenido de humedad de arena gruesa y piedra pómez

**Tabla 11**

*Ensayo de Contenido de Humedad*

<b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ARENA GRUESA</b>		
DATOS		UNIDADES
PESO NATURAL DE LA MUESTRA	300	gr
PESO SECO DE LA MUESTRA	285.84	gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	<b>4.95</b>	%
<b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD PIEDRA PÓMEZ</b>		
DATOS		UNIDADES
PESO NATURAL DE LA MUESTRA	300	gr
PESO SECO DE LA MUESTRA	299.3	gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	<b>0.33</b>	%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los resultados obtenidos en el ensayo de contenido de humedad, para la arena gruesa se obtuvo 4.95% y para la piedra pómez, 0.33%

#### 4.1.6 Peso unitario suelto de arena gruesa y piedra pómez

**Tabla 12**

*Ensayo de peso unitario suelto*

<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO ARENA GRUESA</b>				
DESCRIPCIÓN	UND	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA + PESO DEL MOLDE (W <sub>m+mld</sub> )	gr	12293	12330	12348
PESO DEL MOLDE (W <sub>mld</sub> )	gr	8009	8009	8009
PESO DE LA MUESTRA (W <sub>m</sub> )	gr	4284	4321	4339
VOLUMEN DEL MOLDE (V <sub>mld</sub> )	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	gr/cm <sup>3</sup>	1.397	1.409	1.415
<b>PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO = 1.41 gr/cm<sup>3</sup></b>				
<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO PIEDRA PÓMEZ</b>				
DESCRIPCIÓN	UND	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA + PESO DEL MOLDE (W <sub>m+mld</sub> )	gr	10326	10339	10332
PESO DEL MOLDE (W <sub>mld</sub> )	gr	8009	8009	8009
PESO DE LA MUESTRA (W <sub>m</sub> )	gr	2317	2330	2323
VOLUMEN DEL MOLDE (V <sub>mld</sub> )	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	gr/cm <sup>3</sup>	0.756	0.760	0.758
<b>PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO = 0.76 gr/cm<sup>3</sup></b>				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los resultados obtenidos del ensayo de peso unitario suelto de ambos agregados, arena gruesa y piedra pómez, para lo cual se tomó un promedio de tres ensayos realizados, para la arena gruesa se obtuvo un promedio de 1.41 gr/cm<sup>3</sup> y para la piedra pómez un promedio de 0.76 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.7 Peso unitario compactado de arena gruesa y piedra pómez

**Tabla 13**

*Ensayo de peso unitario compactado*

<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO ARENA GRUESA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
PESO DE LA MUESTRA + PESO DEL MOLDE (W <sub>m</sub> +m <sub>ld</sub> )	gr	12755	12784	12815
PESO DEL MOLDE (W <sub>mld</sub> )	gr	8009	8009	8009
PESO DE LA MUESTRA (W <sub>m</sub> )	gr	4746	4775	4806
VOLUMEN DEL MOLDE (V <sub>mld</sub> )	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	gr/cm <sup>3</sup>	1.548	1.557	1.567
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO = 1.56 gr/cm<sup>3</sup></b>				
<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO PIEDRA PÓMEZ</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
PESO DE LA MUESTRA + PESO DEL MOLDE (W <sub>m</sub> +m <sub>ld</sub> )	gr	10626	10648	10677
PESO DEL MOLDE (W <sub>mld</sub> )	gr	8009	8009	8009
PESO DE LA MUESTRA (W <sub>m</sub> )	gr	2617	2639	2668
VOLUMEN DEL MOLDE (V <sub>mld</sub> )	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	gr/cm <sup>3</sup>	0.853	0.861	0.870
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO = 0.86 gr/cm<sup>3</sup></b>				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los resultados obtenidos del ensayo de peso unitario compactado de ambos agregados, arena gruesa y piedra pómez, para lo cual se tomó un promedio de tres ensayos realizados, para la arena gruesa se obtuvo un promedio de 1.56 gr/cm<sup>3</sup> y para la piedra pómez un promedio de 0.86 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.8 Resumen de resultados de los ensayos de agregados

**Tabla 14**

*Resumen de resultados de los ensayos de agregados*

RESUMEN DE ENSAYOS					
MATERIALES	ABSORCIÓN	PESO ESPECÍFICO	CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTADO
	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )
ARENA GRUESA	4.48	2.32	4.95	1.41	1.56
PIEDRA PÓMEZ	18.64	1.56	0.33	0.76	0.86

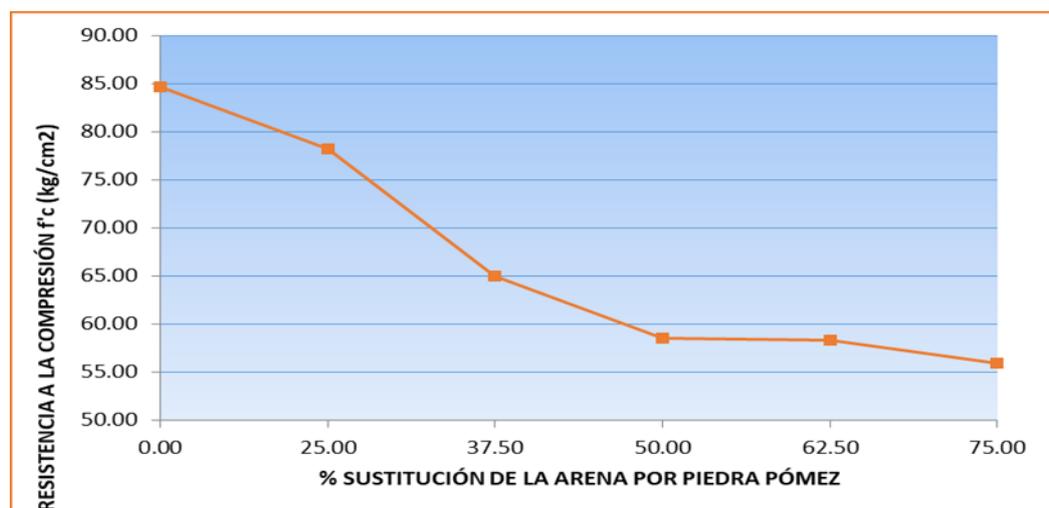
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de agregado, la alta absorción de la piedra pómez aumentará considerablemente el agua utilizada en la preparación de la mezcla y como vemos el peso específico de la piedra pómez está muy por debajo de la arena gruesa.

#### 4.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS TRES DÍAS DE CUBOS DE 5x5 CM

**Figura 40**

*Sustitución de arena vs resistencia a la compresión a los tres días*



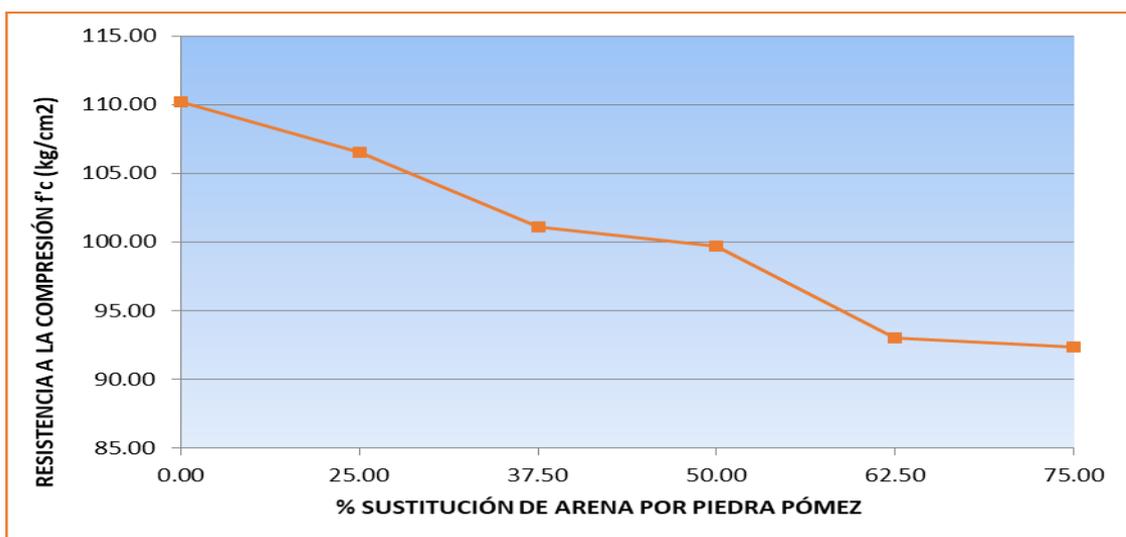
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se observa en el gráfico se realizó el ensayo de compresión a los cubos de 5cm x 5cm a los tres días con las distintas dosificaciones de piedra pómez como sustituto de la arena gruesa, obteniendo con 0% de reemplazo 84.65 kg/cm<sup>2</sup>, con 25% de reemplazo de arena por piedra pómez 78.22 kg/cm<sup>2</sup>; con 37.5% se obtuvo 65.03 kg/cm<sup>2</sup>; con 50% se obtuvo 58.57 kg/cm<sup>2</sup>; con 62.5% de reemplazo se obtuvo 58.36 kg/cm<sup>2</sup> y con 75% de reemplazo se obtuvo 55.59 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS SIETE DÍAS DE CUBOS DE 5x5 CM

**Figura 41**

*Sustitución de arena vs resistencia a la compresión a los siete días*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se observa en el gráfico se realizó el ensayo de compresión a los cubos de 5cm x 5cm a los siete días con las distintas dosificaciones de piedra pómez como sustituto de la arena gruesa, obteniendo con 0% de reemplazo 110.20 kg/cm<sup>2</sup>, con 25% de reemplazo de arena por piedra pómez 106.50 kg/cm<sup>2</sup>; con 37.5% se obtuvo 101.07 kg/cm<sup>2</sup>; con 50% se obtuvo 99.66 kg/cm<sup>2</sup>; con 62.5% de reemplazo se obtuvo 93.00 kg/cm<sup>2</sup> y con 75% de reemplazo se obtuvo 93.35 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4 DENSIDADES SEGÚN LOS TIPOS DE DOSIFICACIONES

**Tabla 15**

*Cuadro de densidades según las dosificaciones*

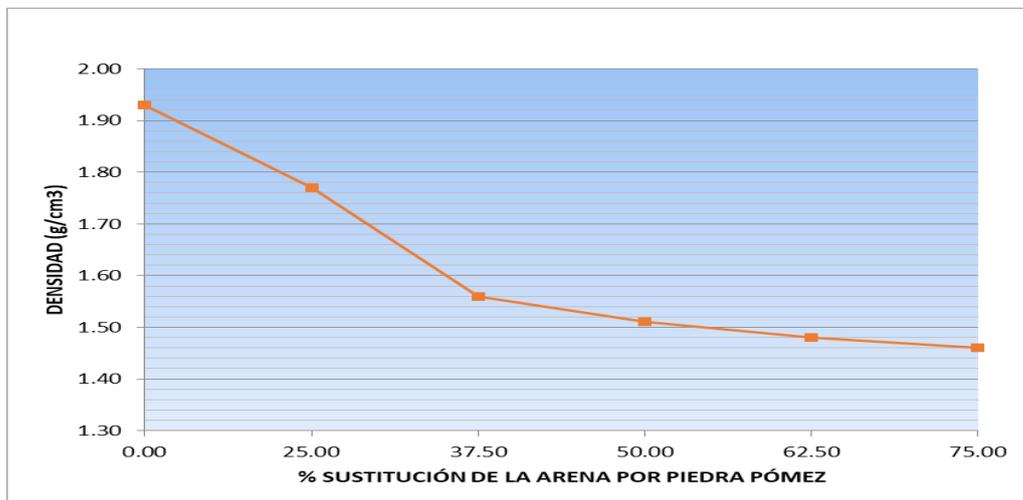
CUADRO DE DENSIDADES SEGÚN LAS DOSIFICACIONES	
% DE REEMPLAZO DE ARENA POR PÓMEZ	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
0.00	1.93
25.00	1.77
37.50	1.56
50.00	1.51
62.50	1.48
75.00	1.46

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra las densidades obtenidas para los distintos porcentajes de reemplazo de arena por piedra pómez.

**Figura 42**

*Sustitución de arena vs densidad*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se observa en el gráfico, a medida que se incrementa el porcentaje de piedra pómez, la densidad disminuye obteniendo con 0% de reemplazo 1.93 g/cm<sup>3</sup>, con 25% de

reemplazo de arena por piedra pómez 1.77 g/cm<sup>3</sup>; con 37.5% se obtuvo 1.56 g/cm<sup>3</sup>; con 50% se obtuvo 1.51 g/cm<sup>3</sup>; con 62.5% de reemplazo se obtuvo 1.48 g/cm<sup>3</sup> y con 75% de reemplazo se obtuvo 1.46 g/cm<sup>3</sup>.

De acuerdo a la Tabla 15 se eligió el 75% de reemplazo de arena gruesa por piedra pómez con la dosificación de 3 PÓMEZ: 1 ARENA: 1CEMENTO. Esto según la densidad de 1.46 g/cm<sup>3</sup> y la relación agua cemento de 1.

## 4.5 ENSAYOS REALIZADOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

### 4.5.1 Porcentaje de Área de Alveolos

**Tabla 16**

*Porcentaje de alveolos ladrillo de arcilla calcinada*

<b>PORCENTAJE DE HUECOS LADRILLO DE ARCILLA</b>			
<b>Muestra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Área total	335.14	338.05	339.81
Área huecos	168.822	172.1664	175.5108
Área neta	166.318	165.8836	164.2992
Porcentaje de alveolos	50.37%	50.93%	51.65%
<b>PROMEDIO</b>		50.98%	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra el porcentaje de hueco que se hizo con ayuda del programa AutoCAD, se tomó las medidas de tres unidades de arcilla calcinada obteniendo un promedio de 50.98% de porcentaje de alveolos.

**Tabla 17**

*Porcentaje de alveolos ladrillo de concreto ligero*

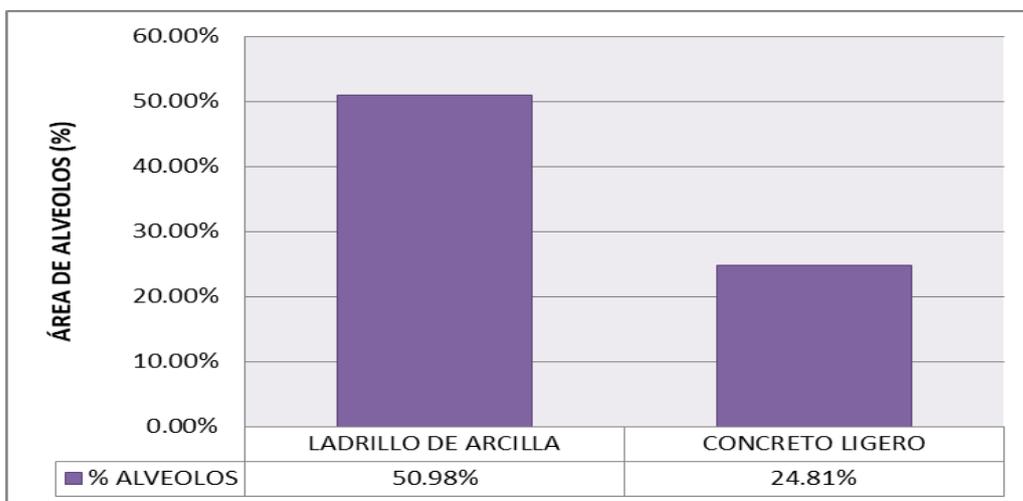
<b>PORCENTAJE DE HUECOS LADRILLO DE CONCRETO LIGERO</b>	
Área total	336
Área huecos	83.36
Área neta	252.64
<b>Porcentaje</b>	24.81%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra que el porcentaje de alveolos del ladrillo de concreto ligero es de 24.81%, con el cual esta unidad es un ladrillo sólido. Para este ladrillo ya no hizo falta usar el AutoCAD porque ya se tiene el plano del molde y además los ladrillos no presentan irregularidades y si los hay son mínimos.

**Figura 43**

*Porcentaje de área de alveolos*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se puede observar en el gráfico para el ladrillo de arcilla calcinada, como el porcentaje pasa el 30% entonces esta unidad es LADRILLO HUECO y para el ladrillo de concreto ligero, el porcentaje no pasa el 30% entonces esta unidad es LADRILLO SÓLIDO.

## 4.5.2 Resultados del ensayo de Variabilidad de Dimensiones

**Tabla 18**

*Variación de dimensiones del ladrillo de arcilla calcinada*

MUESTR A	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA													
	L (cm)		L prom	V.D. %	H (cm)				Hprom	V.D.	A (cm)		Aprom	V.D.
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1	23.80	24.20	24.00	0.000%	10.2	10.09	10.05	10.02	10.09	-0.900%	14.2	14.5	14.35	-2.500%
2	24.15	24.10	24.13	-0.521%	10	9.95	10.13	10.09	10.04	-0.425%	14.25	14.2	14.23	-1.607%
3	23.95	24.10	24.03	-0.104%	10	10.15	10.12	10.05	10.08	-0.800%	14.2	14.25	14.23	-1.607%
4	24.10	24.20	24.15	-0.625%	9.98	10.07	10.03	10.03	10.03	-0.275%	14.15	14.15	14.15	-1.071%
5	24.15	24.05	24.10	-0.417%	10	10.1	9.95	10.16	10.05	-0.525%	14.25	14.2	14.23	-1.607%
6	23.95	24.00	23.98	0.104%	10.22	10.18	9.99	10.1	10.12	-1.225%	14.1	14.2	14.15	-1.071%
7	24.00	24.00	24.00	0.000%	10	10.2	10	10.2	10.10	-1.000%	14.15	14.15	14.15	-1.071%
8	24.00	24.15	24.08	-0.312%	9.95	10.16	10.03	10.2	10.09	-0.850%	14.2	14.15	14.18	-1.250%
9	24.00	24.05	24.03	-0.104%	10.05	10.14	10.03	10.05	10.07	-0.675%	14.1	14.1	14.10	-0.714%
10	24.15	24.05	24.10	-0.417%	10.05	10.13	10.01	10.14	10.08	-0.825%	14.25	14.15	14.20	-1.429%
				<b>-0.240%</b>						<b>-0.750%</b>				<b>-1.393%</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En esta tabla se muestra los datos de largo ancho y altura de 10 unidades de arcilla calcinada, cada medida se obtiene como promedio medidas entre los puntos medios del borde de cada cara con los cuáles se determinó el porcentaje de variación dimensional.

**Tabla 19**

*Variación de dimensiones del ladrillo de concreto ligero*

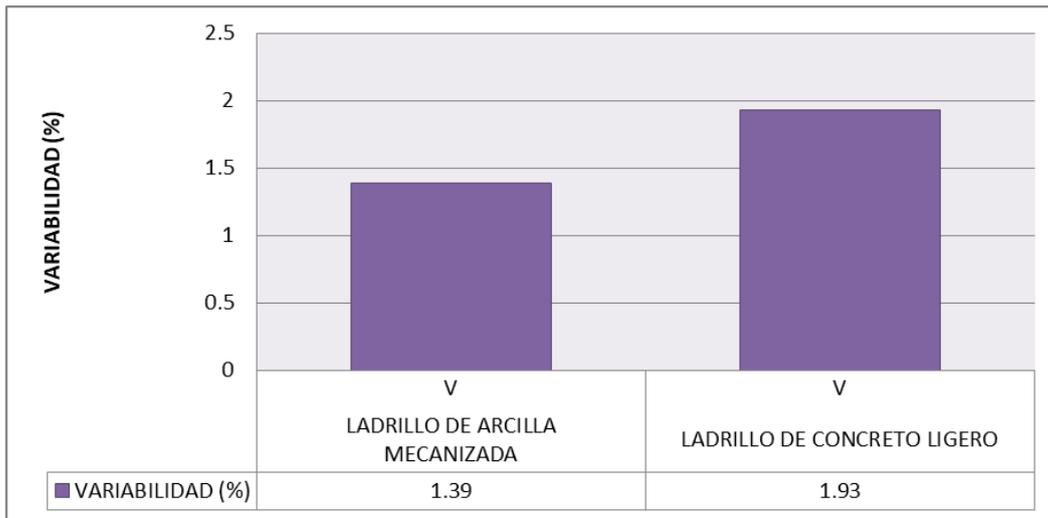
MUESTRA	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO													
	L (cm)		L prom	V.D. %	H (cm)				Hprom	V.D.	A (cm)		Aprom	V.D.
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1	24.10	24.05	24.08	-0.313%	9.7	9.8	9.8	9.7	9.75	2.500%	14.10	14.10	14.10	-0.714%
2	24.00	24.10	24.05	-0.208%	9.9	9.8	9.9	9.8	9.85	1.500%	14.00	14.05	14.03	-0.179%
3	24.00	24.10	24.05	-0.208%	9.8	9.8	9.7	9.8	9.78	2.250%	14.10	14.05	14.08	-0.536%
4	24.10	24.00	24.05	-0.208%	9.9	9.8	9.9	9.9	9.88	1.250%	14.00	14.10	14.05	-0.357%
5	24.00	24.05	24.03	-0.104%	9.8	9.8	9.8	9.7	9.78	2.250%	14.10	14.05	14.08	-0.536%
6	24.10	24.00	24.05	-0.208%	9.9	9.8	9.9	9.8	9.85	1.500%	14.10	14.00	14.05	-0.357%
7	24.00	24.00	24.00	0.000%	9.8	9.7	9.8	9.7	9.75	2.500%	14.05	14.00	14.03	-0.179%
8	24.00	24.10	24.05	-0.208%	9.8	9.8	9.9	9.8	9.83	1.750%	14.00	14.02	14.01	-0.071%
9	24.00	24.05	24.03	-0.104%	9.7	9.8	9.7	9.9	9.78	2.250%	14.10	14.10	14.10	-0.714%
10	23.95	24.05	24.00	0.000%	9.9	9.8	9.9	9.8	9.85	1.500%	14.00	14.10	14.05	-0.357%
				<b>-0.156%</b>						<b>1.925%</b>				<b>-0.400%</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En esta tabla se muestra los datos de largo ancho y altura de 10 unidades de arcilla calcinada, cada medida se obtiene como promedio medidas entre los puntos medios del borde de cada cara con los cuáles se determinó el porcentaje de variación dimensional.

**Figura 44**

*Ensayo de variación de dimensiones*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El gráfico muestra el porcentaje de variación dimensional del ladrillo de arcilla mecanizada y del ladrillo de concreto ligero, según las tablas 18 y 19 se toma el máximo porcentaje obtenido, presentando mayor variación en la altura, para el ladrillo de arcilla se tiene un 1.39% y para el ladrillo de concreto ligero 1.93%.

### 4.5.3 Resultados del Ensayo de Alabeo

**Tabla 20***Ensayo de alabeo ladrillo de arcilla calcinada*

LADRILLO DE ARCILLA CALCINADA		
CÓDIGO	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
1	2	1
2	1	0
3	1	0
4	1	0.2
5	1.5	0
6	0.5	0
7	1	0.5
8	1.5	0
9	2	0
10	1.5	0.4
<b>MÁXIMO</b>	2	0.5
<b>CLASE</b>	<b>v</b>	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla muestra los datos del alabeo que presenta, se midió qué tan cóncavo o convexo es la superficie, se usó 10 ladrillos, los cuales ya se usaron para el ensayo de variabilidad dimensional, el ladrillo de arcilla calcinada presenta un alabeo máximo de 2mm clasificándolo como ladrillo de clase V.

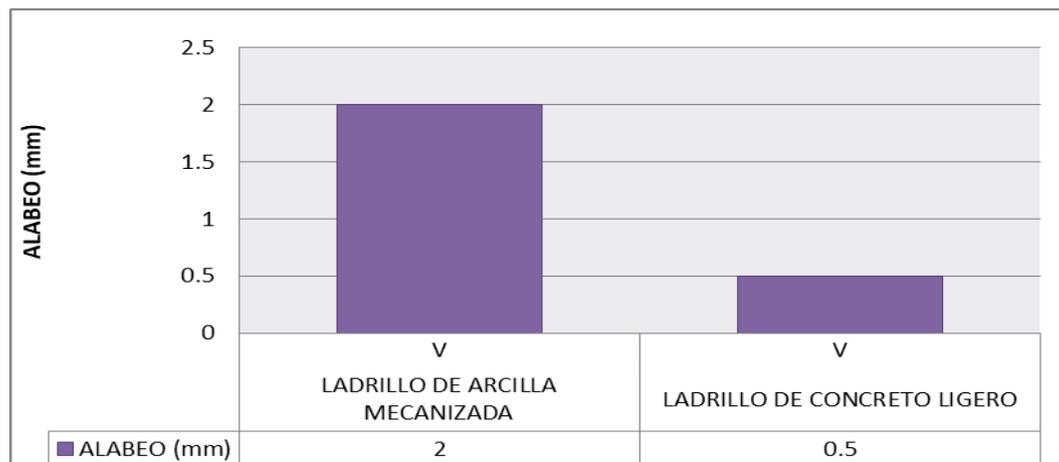
**Tabla 21***Ensayo de alabeo ladrillo de concreto ligero*

LADRILLO DE CONCRETO LIGERO		
CÓDIGO	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
1	0.5	0.4
2	0	0
3	0.5	0
4	0	0.5
5	0	0.3
6	0.5	0.5
7	0.5	0
8	0	0
9	0.5	0
10	0	0.5
<b>MÁXIMO</b>	0.5	0.5
<b>CLASE</b>	<b>v</b>	

Esta tabla muestra los datos del alabeo que presentan los ladrillos de concreto ligero, se midió qué tan cóncavo o convexo es la superficie, se usó 10 ladrillos, los cuales ya se usaron para el ensayo de variabilidad dimensional, el ladrillo de concreto ligero presenta un alabeo máximo de 0.5mm clasificándolo como ladrillo de clase V.

**Figura 45**

*Ensayo de Alabeo*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Según el gráfico podemos clasificar a ambos ladrillos como Ladrillo clase V, ya que ambos no sobrepasan los 2mm que se especifica en la norma E.070 del RNE.

#### 4.5.4 Resultados del Ensayo de Absorción

**Tabla 22**

*Ensayo de absorción ladrillo de arcilla calcinada*

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA			
MUESTRA	W(d)	W(s)	ABS (%)
1	1678	1968	17.28
2	1664	1964	18.03
3	1638	1931	17.89
4	1652	1940	17.43
5	1672	1958	17.11
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN (%)</b>			<b>17.55</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los pesos inicial y final de 5 muestras de ladrillo de arcilla calcinada con el cual se determinó que el porcentaje de absorción del ladrillo de arcilla es de 17.55%,

**Tabla 23**

*Ensayo de absorción ladrillo de concreto ligero*

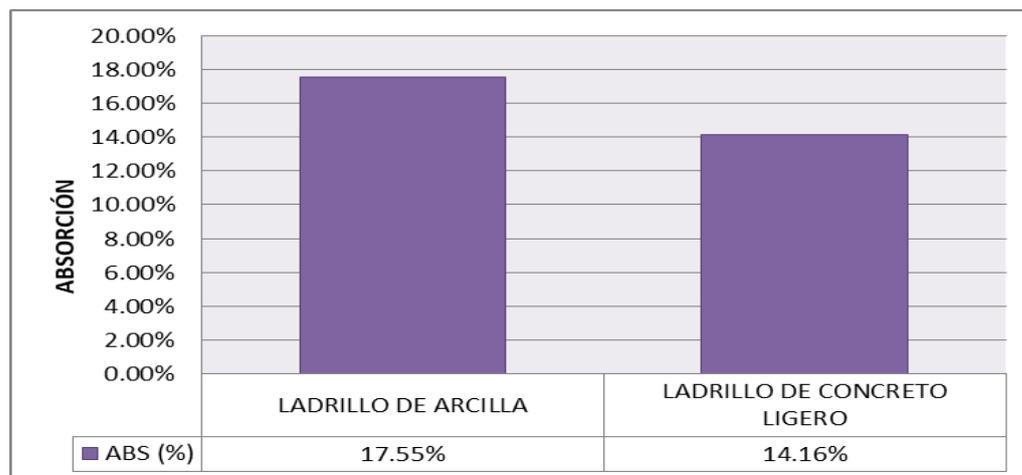
<b>ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>W(d)</b>	<b>W(s)</b>	<b>ABS (%)</b>
1	1702	1943	14.16
2	1709	1949	14.04
3	1735	1981	14.18
4	1725	1970	14.20
5	1723	1968	14.22
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN (%)</b>			<b>14.16</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los pesos inicial y final de 5 muestras de ladrillo de concreto ligero con el cual se determinó que el porcentaje de absorción del ladrillo de concreto ligero es de 14.16%.

**Figura 46**

*Ensayo de absorción*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En este gráfico podemos observar que el ladrillo de arcilla tiene un 17.55% de absorción, mientras que el ladrillo de concreto ligero, 14.16%. Como el porcentaje de absorción no pasa del 22% entonces la unidad es aceptable para ladrillo de arcilla, y de concreto la absorción no debe pasar el 12%.

#### 4.5.5 Resultados del Ensayo de Absorción Máxima

**Tabla 24**

*Ensayo de absorción máxima ladrillo de arcilla calcinada*

<b>ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA DE LADRILLO DE ARCILLA</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>W(d)</b>	<b>W(s)</b>	<b>ABS (%)</b>
1	1678	2006	19.55
2	1664	2001	20.25
3	1638	1967	20.09
4	1652	1977	19.67
5	1672	1995	19.32
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN MÁXIMA (%)</b>			<b>19.78</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los pesos inicial y final de 5 muestras de ladrillo de arcilla calcinada con el cual se determinó que el porcentaje de absorción máxima es de 19.78%.

**Tabla 25**

*Ensayo de absorción máxima ladrillo de concreto ligero*

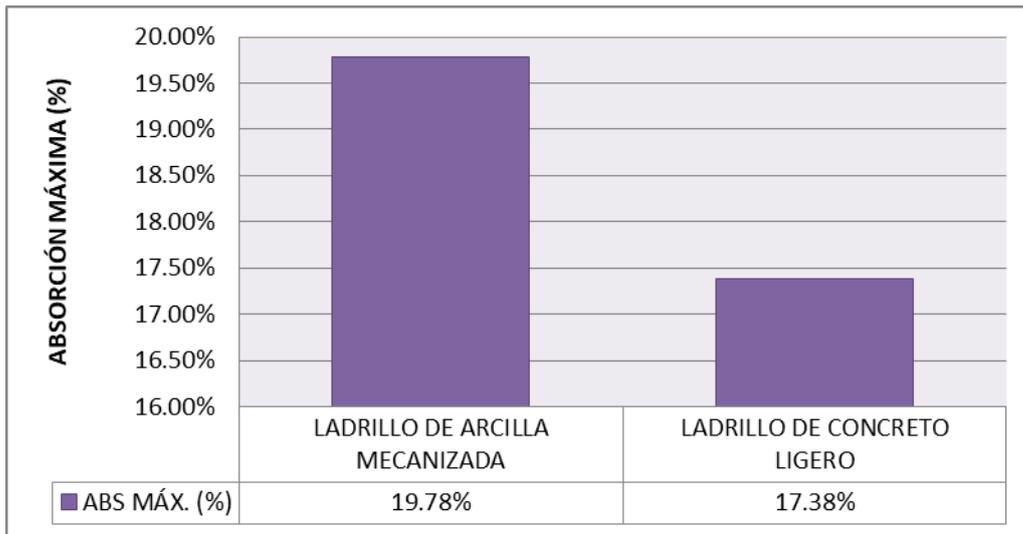
<b>ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>W(d)</b>	<b>W(s)</b>	<b>ABS (%)</b>
1	1702	1987	16.75
2	1709	2016	17.96
3	1735	2043	17.75
4	1725	2019	17.04
5	1723	2023	17.41
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN MÁXIMA (%)</b>			<b>17.38</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Esta tabla nos muestra los pesos inicial y final de 5 muestras de ladrillo de concreto ligero con el cual se determinó que el porcentaje de absorción máxima es de 17.38%

### Figura 47

*Ensayo de absorción máxima*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En el gráfico podemos ver que la absorción máxima del ladrillo de arcilla mecanizada es de 19.78 % y la absorción máxima del ladrillo de concreto ligero es de 17.38%.

#### 4.5.6 Resultados del Ensayo de Succión

**Tabla 26**

*Ensayo de succión de ladrillo de arcilla calcinada*

ENSAYO DE SUCCIÓN LADRILLO DE ARCILLA												
MUESTRA	LARGO			ANCHO			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PESO INICIAL	PESO FINAL	DIFERE NCIA DE PESOS	SUCCIÓ N (g)	
	L-1	L-2	L PROM	A-1	A-2	A PROM						
1	24.15	24.10	24.13	14.25	14.20	14.23	343.18	3145	3238	93	54.20	
2	24.10	24.20	24.15	14.15	14.15	14.15	341.72	3105	3192	87	50.92	
3	23.95	24.00	23.98	14.10	14.20	14.15	339.25	3075	3165	90	53.06	
4	24.00	24.15	24.08	14.20	14.15	14.18	341.26	3108	3204	96	56.26	
5	24.15	24.05	24.10	14.25	14.15	14.20	342.22	3122	3217	95	55.52	
<b>PROMEDIO</b>											<b>53.99</b>	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de 5 muestras de ladrillo de arcilla calcinada con el cual se determinó el ensayo de succión.

**Tabla 27**

*Ensayo de succión de ladrillo de concreto ligero*

ENSAYO DE SUCCIÓN LADRILLO DE CONCRETO LIGERO												
MUESTRA	LARGO			ANCHO			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PESO INICIAL	PESO FINAL	DIFERE NCIA DE PESOS	SUCCIÓ N (g)	
	L-1	L-2	L PROM	A-1	A-2	A PROM						
1	24.00	24.10	24.05	14.00	14.05	14.03	337.30	3635	3669	34	20.16	
2	24.00	24.10	24.05	14.10	14.05	14.08	338.50	3620	3652	32	18.91	
3	24.10	24.00	24.05	14.00	14.10	14.05	337.90	3638	3669	31	18.35	
4	24.00	24.05	24.03	14.10	14.05	14.08	338.15	3652	3685	33	19.52	
5	24.00	24.05	24.03	14.00	14.10	14.05	337.55	3646	3678	32	18.96	
<b>PROMEDIO</b>											<b>19.18</b>	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos para el ensayo de succión de 5 muestras de ladrillos de concreto ligero.

**Figura 48**

*Ensayo de succión*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Como se puede observar en el gráfico los resultados la succión del ladrillo de arcilla mecanizada es muy elevada, porque lo recomendable es que sea entre 10 y 20, ya que el resultado es elevado, al momento del asentado se tiene que regar las unidades media hora, para evitar que al momento del asentado estas unidades absorban el agua del mortero haciendo que este se debilite, y la resistencia se reduzca.

#### 4.5.7 Resultados del Ensayo de Tracción por Flexión

**Tabla 28**

*Resistencia a tracción por flexión ladrillo de arcilla calcinada*

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA											
MUESTRA	ANCHO			ALTURA			bt2 (cm3)	L (cm)	Pu (kg)	f'bt <sub>f</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	b prom	t-1	t-2	t prom					
1	14.10	14.10	14.10	10.07	10.03	10.05	1424.1	17.00	414.90	7.43	
2	14.15	14.15	14.15	10.10	9.95	10.03	1422.1	17.00	467.50	8.38	
3	14.15	14.10	14.13	10.18	9.99	10.09	1436.6	17.00	435.29	7.73	
4	14.05	14.15	14.10	10.20	10.00	10.10	1438.3	17.00	411.62	7.30	
5	14.10	14.10	14.10	10.16	10.03	10.10	1436.9	17.00	428.60	7.61	
										X=	7.69
										S=	0.421509
										<b>f'bt<sub>f</sub>=</b>	<b>7.27</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de la resistencia a la tracción indirecta de 5 muestras de ladrillos de arcilla calcinada, se determinó el promedio y se realizó el reajuste del resultado con la desviación estándar obtenida.

**Tabla 29**

*Resistencia a tracción por flexión ladrillo de concreto ligero*

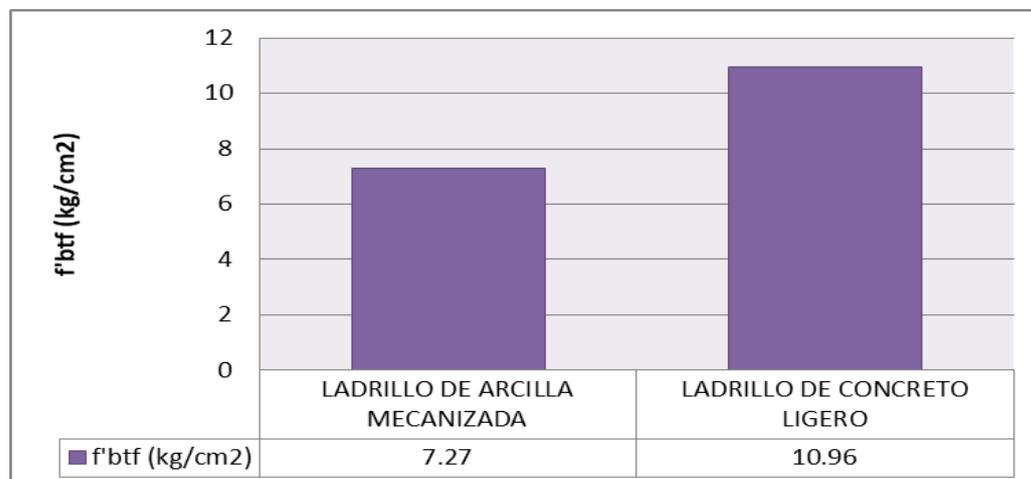
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO											
MUESTRA	ANCHO			ALTURA			bt2 (cm3)	L (cm)	Pu (kg)	f'bt <sub>f</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	b prom	t-1	t-2	t prom					
1	14.00	14.05	14.03	9.80	9.80	9.80	1347	17.00	574.24	10.87	
2	14.10	14.05	14.08	9.90	9.80	9.85	1365.6	17.00	605.30	11.30	
3	14.00	14.02	14.01	9.80	9.70	9.75	1331.8	17.00	608.70	11.65	
4	14.10	14.05	14.08	9.80	9.80	9.80	1351.8	17.00	596.31	11.25	
5	14.00	14.10	14.05	9.70	9.80	9.75	1335.6	17.00	583.42	11.14	
										X=	11.24
										S=	0.283767
										<b>f'bt<sub>f</sub>=</b>	<b>10.96</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de la resistencia a la tracción por flexión de 5 muestras de ladrillos de concreto ligero, se determinó el promedio y se realizó el reajuste del resultado con la desviación estándar obtenida.

**Figura 49**

*Ensayo de tracción por flexión*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El gráfico muestra que el ladrillo de concreto ligero presenta mayor resistencia a la tracción por flexión que los ladrillos de arcilla calcinada.

#### 4.5.8 Resultados del Ensayo de Tracción Indirecta

**Tabla 30**

*Resistencia a la tracción indirecta ladrillo de arcilla calcinada*

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE LADRILLO DE ARCILLA									
MUESTRA	ANCHO			ALTURA			bt (cm <sup>2</sup> )	Pu (kg)	f' <sup>b</sup> ti (kg/cm <sup>2</sup> )
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	b prom	t-1	t-2	t prom			
1	14.20	14.10	14.15	10.00	10.15	10.08	142.56	890.90	3.98
2	14.15	14.10	14.13	9.98	10.07	10.03	141.60	838.44	3.77
3	14.10	14.20	14.15	10.00	10.10	10.05	142.21	875.77	3.92
4	14.10	14.05	14.08	10.10	10.18	10.14	142.72	798.56	3.56
5	14.10	14.10	14.10	10.00	10.20	10.10	142.41	754.09	3.37
								X=	3.72
								S=	0.25
								<b>f'<sup>b</sup>ti=</b>	<b>3.47</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de la resistencia a la tracción indirecta de 5 muestras de ladrillos de arcilla calcinada, se determinó el promedio y se realizó el reajuste del resultado con la desviación estándar obtenida.

**Tabla 31**

*Resistencia a la tracción indirecta ladrillo de concreto ligero*

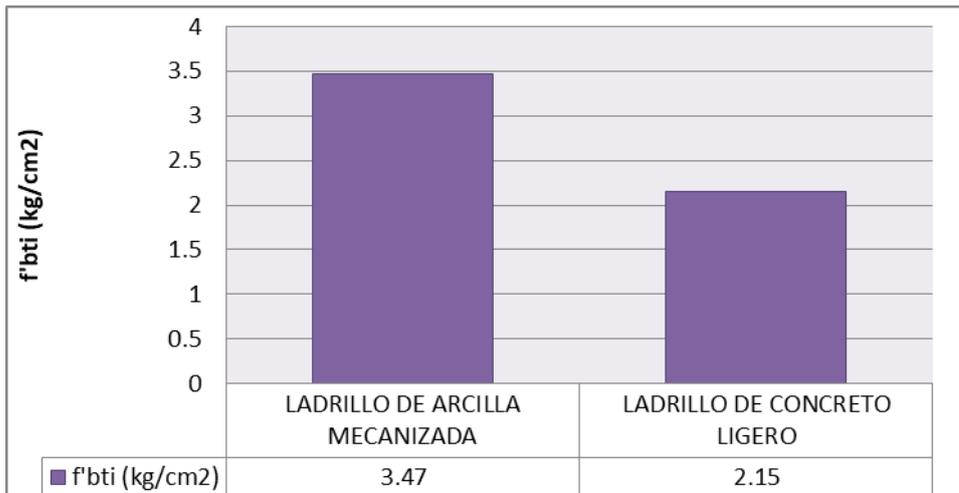
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO									
MUESTRA	ANCHO			ALTURA			bt (cm <sup>2</sup> )	Pu (kg)	f' <sup>b</sup> ti (kg/cm <sup>2</sup> )
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	b prom	t-1	t-2	t prom			
1	14.00	14.10	14.05	9.9	9.9	9.90	139.10	448.70	2.05
2	14.10	14.05	14.08	9.8	9.7	9.75	137.23	564.89	2.62
3	14.10	14.00	14.05	9.9	9.8	9.85	138.39	561.80	2.58
4	14.05	14.00	14.03	9.8	9.7	9.75	136.74	595.47	2.77
5	14.10	14.10	14.10	9.7	9.9	9.80	138.18	482.66	2.22
								X=	2.45
								S=	0.2997
								<b>f'<sup>b</sup>ti=</b>	<b>2.15</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de la resistencia a la tracción indirecta de 5 muestras de ladrillos de concreto ligero, se determinó el promedio y se realizó el reajuste del resultado con la desviación estándar obtenida.

### Figura 50

*Ensayo de resistencia a la tracción indirecta*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El gráfico muestra que para el ladrillo de concreto ligero se obtuvo 2.15 kg/cm<sup>2</sup> lo cual presenta menor resistencia a la tracción indirecta que los ladrillos de arcilla calcinada donde se obtuvo 3.47 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.5.9 Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión

**Tabla 32**

*Ensayo de resistencia a la compresión ladrillo de arcilla calcinada*

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA										
MUESTRA	ANCHO			LARGO			ÁREA	Pu (kg)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	b prom	L-1	L-2	L prom				
1	14.10	14.20	14.15	12.00	12.05	12.03	170.15	22421.05	131.769	
2	14.15	14.15	14.15	11.90	11.80	11.85	167.68	21752.01	129.725	
3	14.20	14.15	14.18	12.05	12.02	12.04	170.60	22258.01	130.472	
4	14.10	14.10	14.10	11.80	11.80	11.80	166.38	21911.69	131.697	
5	14.25	14.15	14.20	11.80	12.00	11.90	168.98	22378.50	132.433	
								X=	131.22	
								S=	0.98	
								CV (%) =	0.75	
								<b>f'b=</b>	<b>130.24</b>	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de la resistencia a la compresión de 5 muestras de ladrillos de arcilla calcinada, determinando el promedio y reajustando el resultado con la desviación estándar obtenida.

**Tabla 33**

*Ensayo de resistencia a la compresión ladrillo de concreto ligero*

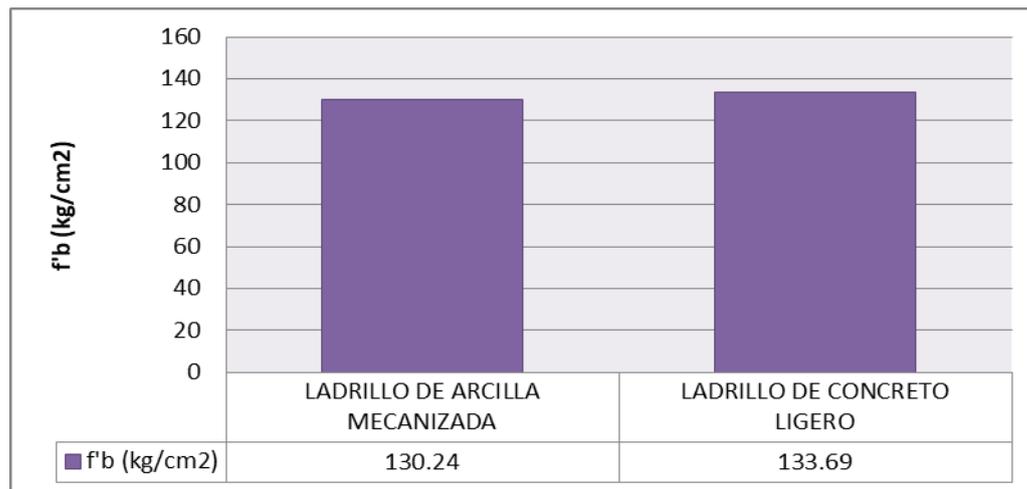
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO										
MUESTRA	ANCHO			ALTURA			ÁREA	Pu (kg)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	b prom	L-1	L-2	L prom				
1	14.10	14.00	14.05	11.95	11.95	11.95	167.90	22739.0	135.4339	
2	14.05	14.00	14.03	12.00	12.00	12.00	168.30	23756.07	141.1531	
3	14.00	14.02	14.01	11.98	11.95	11.97	167.63	22722.05	135.5491	
4	14.10	14.10	14.10	12.00	12.00	12.00	169.20	23018.86	136.0453	
5	14.00	14.10	14.05	11.95	12.00	11.98	168.25	22546.55	134.0072	
								X =	136.44	
								S =	2.74	
								CV (%) =	2.01	
								<b>f'b =</b>	<b>133.69</b>	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La tabla muestra los datos obtenidos de la resistencia a la compresión de 5 muestras de ladrillos de concreto ligero, determinando el promedio y reajustando el resultado con la desviación estándar obtenida.

**Figura 51**

*Ensayo de resistencia a la compresión*



Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Según el gráfico el ladrillo de concreto ligero clasifica como ladrillo tipo IV, esto según la norma E070, y según la norma de ladrillos de concreto (NTP 399.601), Es un ladrillo grado 14.

#### 4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hernández y Osorio (2015), en su investigación de tipo experimental-correlacional “Caracterización de agregado fino tipo piedra pómez para su uso en concretos estructurales”, llegó a la conclusión de que reemplazando en su totalidad la arena comúnmente utilizada por arena de piedra pómez se pueden obtener resistencias cercanas a las ideales, siendo estos concretos más ligeros que los comunes y que a medida que se aumenta el porcentaje de arena pómez dentro de la mezcla de concreto este disminuye su densidad, oscilando en una diferencia de 313Kg respecto a un concreto



convencional. Y en nuestra investigación obtuvimos que a medida de que incrementamos el porcentaje de reemplazo de arena gruesa por piedra pómez disminuye su densidad pero también disminuye su resistencia a la compresión, por lo cual no podemos reemplazarla en su totalidad.

Arce y Arrechavala (2009) en su investigación denominada “Fabricación de bloques usando como Agregado la piedra pómez”, llegaron a la conclusión de que las propiedades físicas de las muestras de pómez estudiados en esta tesis, presentan cualidades de agregados de peso ligeros que cumplen con los parámetros ya establecidos como; la gravedad específica, pesos unitarios y absorción. La utilización de la piedra pómez como agregado de peso ligero en la elaboración de elementos de mampostería es viable, porque cumplen con los requerimientos que se establecen en las normas Británicas. En nuestra investigación en cuanto a las propiedades mecánicas se obtuvieron resultados factibles y las unidades de albañilería de concreto ligero se clasificaron como ladrillo tipo IV de acuerdo a la Tabla 3.

Ríos y Rojas (2019) en su investigación denominada “Ladrillo de concreto ligero utilizando como agregado grueso piedra pómez para muros de tabiquería en viviendas multifamiliares”. Llegan a la conclusión de que al diseñar unidades de albañilería de concreto ligero con porcentajes de 5%, 10% y 15% de reemplazo de piedra pómez como agregado grueso sí mejora las propiedades físicas del ladrillo, de acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo de alabeo cumple con los requerimientos establecidos en la norma E-070. En nuestra investigación concluimos también que el ladrillo de concreto ligero con piedra pómez sí mejora la calidad en sus propiedades físicas y mecánicas

Murillo y Nina (2015) en su investigación “Estudio del comportamiento estructural de un nuevo ladrillo de concreto ligero con adición de piedra pómez y



puzolana”, utilizando una metodología a nivel explicativo y un método experimental llegaron a la conclusión de que para la dosificación óptima se ha tenido en cuenta la relación agua cemento a/c: 0.5 y la densidad  $\rho$ : 1.46 gr/cm<sup>3</sup> resultando 1: 1 ½ : 2 ½ cemento, arena y piedra pómez respectivamente; estos resultados han sido verificados con ensayos a compresión axial de cubos de concreto ligero de 5cm de lado. Y en esta investigación para nuestra dosificación óptima se ha tenido en cuenta la relación agua cemento de 1 y la densidad de 1.46 g/cm<sup>3</sup> resultando así 1 cemento: 1 arena: 3 pómez, que representa un 75% de reemplazo de arena gruesa por piedra pómez.

#### **4.7 PRUEBA DE HIPÓTESIS**

##### **4.7.1 Para la Hipótesis general:**

La adición de piedra pómez influye significativamente en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno.

##### **1. Planteo de hipótesis**

Ho: La adición de piedra pómez no influye significativamente en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno.

Ha: La adición de piedra pómez influye significativamente en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno.

##### **2. Nivel de significancia ( $\alpha= 0.05= 5\%$ )**

##### **3. Prueba estadística: Coeficiente de correlación de Pearson**

##### **a) Ver si mis datos se distribuyen normalmente**

**Tabla 34**

*Prueba de Kolmogorov Smirnov*

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
compresión	.252	72	<b>.141</b>
densidad	.176	72	<b>.182</b>

Fuente: Elaborado con SPSS Ver. 24

Interpretación, como la probabilidad es más de  $0.05 = 5\%$ , se concluye que mis datos se distribuyen normalmente, para luego realizar la prueba estadística

b) Coeficiente de correlación

**Tabla 35**

*Coeficiente de Correlación*

Modelo	R	R cuadrado
1	.972	.944

Fuente: Elaborado con SPSS

Cálculos realizados:

$$r = \frac{n * \sum X_i * Y_i - \sum X_i * \sum Y_i}{\sqrt{[n * \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] * [n * \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(72 * 9223.7877) - (116.29 * 5545.68)}{\sqrt{[72 * 190.1285 - (116.29)^2] * [72 * 459848.374 - (5545.68)^2]}}$$

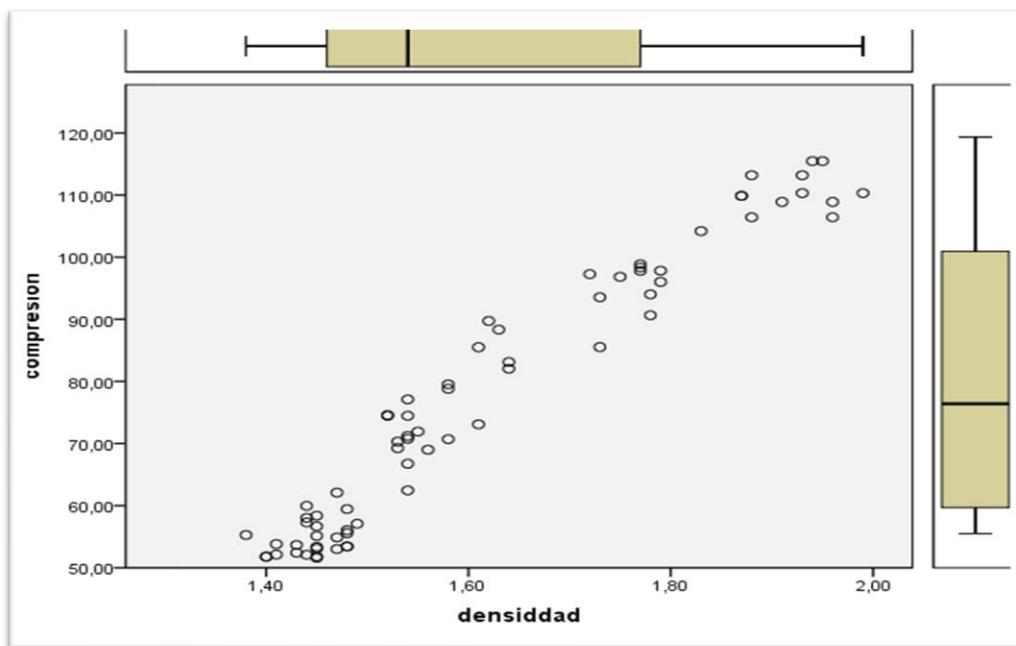
$$r = \frac{19205.5872}{19763.242665648} = 0.9717832$$

Decisión: como el coeficiente de correlación ( $R = 0.972$ ) es muy significativo del cual se determina que La adición de piedra pómez influye significativamente en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en la ciudad de Puno y la adición

de piedra pómez explica a la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero en un 94.4%.

### Figura 52

*Diagrama de dispersión entre densidad y compresión*



Fuente: Elaborado en SPSS

#### 4.7.2 Para las Hipótesis específicas

- El comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es similar al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

##### 1. Planteo de hipótesis

$H_0$ : El comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es similar al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

$H_a$ : El comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es diferente al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

##### 2. Nivel de significancia ( $\alpha= 0.05= 5\%$ )

### 3. Prueba estadística: Prueba de diferencia de medias

**Tabla 36**

*Prueba de diferencia de medias*

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Se asumen varianzas iguales	4.050	.059	-6.034	18	.000

Fuente: Elaborado con SPSS

**Tabla 37**

*Estadísticas del grupo*

	N	Media	Desviación estándar
Concreto ligero	10	.250	.2635
calcinada	10	1.300	.4830

Fuente: Elaborado con SPSS

Cálculos realizados:

$$T_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{0.025 - 1.3}{\sqrt{\frac{0.2635^2}{10} + \frac{0.48^2}{10}}} = \frac{-1.275}{\sqrt{0.02304 + 0.006943225}}$$

$$T_c = \frac{-1.275}{0.2113026} = -6.034 = 6.034$$

$$T_t = T_{18,0.05/2} = 2.101 \text{ o } -2.101$$

Como  $T_c$  es menor que la  $T_t$  ( $-6.034 < -2.101$ ) se acepta la  $H_a$ .

Decisión según la tabla la prueba de Levene me determina que ambos grupos tienen varianzas iguales y con la prueba de t-student que es significativa que aceptamos la hipótesis, El comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es diferente al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

- El comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es similar al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

1. Planteo de hipótesis

$H_0$ : El comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es similar al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

$H_a$ : El comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es diferente al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.

2. Nivel de significancia ( $\alpha= 0.05= 5\%$ )

3. Prueba estadística: prueba de diferencia de medias.

**Tabla 38**

*Prueba de diferencia de medias*

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Se asumen varianzas iguales	1.497	.256	-3.951	8	.004

Fuente: Elaborado con SPSS

**Tabla 39**

*Estadísticas del grupo*

	N	Media	Desviación estándar
calcinada	5	131.21920	1.094854
Concreto ligero	5	136.43760	2.742889

Fuente: Elaborado con SPSS

Cálculos realizados:



$$T_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{131.21920 - 136.43760}{\sqrt{\frac{1.094854^2}{5} + \frac{2.742889^2}{5}}} = \frac{-5.2184}{\sqrt{0.23974 + 1.504688}}$$

$$T_c = \frac{-5.2184}{1.32076796} = -3.951035 = 3.951035$$

$$T_t = T_{8,0.05/2} = 2.306 \text{ o } -2.306$$

Como  $T_c$  es menor que la  $T_t$  ( $-3.951035 < -2.306$ ) se acepta la  $H_a$ .

Decisión: Según la tabla la prueba de levene me determina que ambos grupos tienen varianzas iguales y con la prueba de t-student que es significativa que aceptamos la hipótesis, El comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es diferente al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.



## V. CONCLUSIONES

- Con respecto al objetivo general analizamos la influencia de la adición de piedra pómez en la elaboración de unidades de albañilería de concreto ligero se presentó de manera muy significativa en cuanto a la resistencia y a la densidad, ya que al incrementar el porcentaje de adición de piedra pómez se reducía notablemente el peso del ladrillo.
- De acuerdo a nuestro primer objetivo específico se determinó que el porcentaje óptimo entre muestras de 25%, 37.5%, 50%, 62.5% y 75% de reemplazo de arena gruesa por piedra pómez considerando una densidad de 1.46 g/cm<sup>3</sup> es el 75%, ya que lo que se buscó es reducir notablemente la densidad de las unidades de albañilería de concreto ligero.
- De acuerdo a nuestro segundo objetivo específico se determinó que en cuanto a las propiedades físicas como lo es la variabilidad dimensional, las unidades de albañilería de concreto ligero presentan un porcentaje de 1.93% y las unidades de arcilla mecanizada 1.39%; en el ensayo de alabeo se obtuvo 2mm para el ladrillo de arcilla y 0.5mm para el ladrillo de concreto ligero, en el ensayo de succión se obtuvo 53.99 g/200cm<sup>2</sup>-min para el ladrillo de arcilla y 19.18 g/200cm<sup>2</sup>-min para el ladrillo de concreto ligero; con lo cual concluimos que el comportamiento físico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es diferente al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.
- De acuerdo a nuestro tercer objetivo específico se determinó que la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto ligero con el 75% de reemplazo de arena por piedra pómez obtenido es 133.69 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia a la compresión de las unidades de arcilla calcinada obtenido es 130.24 kg/cm<sup>2</sup> lo



cual ambos se clasifica como ladrillo tipo IV según la norma E070. En cuanto a la absorción de las unidades de albañilería de concreto ligero con el 75% de reemplazo de arena por piedra pómez obtenido es 14.16% y para las unidades de albañilería de arcilla calcinada se obtuvo 17.55%. En el ensayo de tracción por flexión se obtuvo 7.27 kg/cm<sup>2</sup> para el ladrillo de arcilla calcinada y 10.96kg/cm<sup>2</sup> para el ladrillo de concreto ligero. En el ensayo de tracción indirecta se obtuvo 3.47kg/cm<sup>2</sup> para el ladrillo de arcilla calcinada y 2.15kg/cm<sup>2</sup> para el ladrillo de concreto ligero; con lo cual concluimos que el comportamiento mecánico de la unidad de ladrillo de albañilería de concreto ligero es diferente al comportamiento de unidades de albañilería calcinada.



## VI. RECOMENDACIONES

De la presente investigación, podemos dar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que en futuras investigaciones se considere otros porcentajes de adición de piedra pómez para contrastar con nuestra investigación.
- Se recomienda que el tiempo de mezclado sea mayor a lo habitual, para una buena distribución de la piedra pómez, ya que algunas unidades de albañilería de concreto ligero fallaron por aplastamiento local debido a la mala distribución de la piedra pómez en la estructura interna del ladrillo.
- Se recomienda que el curado de las unidades de albañilería sea en sombra y por aspersión ya que al sumergirlo en agua se observa un desgaste del ladrillo provocándole un lavado de finos quedando el ladrillo desgastado y perdiendo masa de forma lenta pero evidente a primera vista.
- Como se puede observar los resultados la succión del ladrillo de arcilla mecanizada es muy elevada, porque lo recomendable es que sea entre 10 y 20, ya que el resultado es elevado, se recomienda regar las unidades media hora, para evitar que al momento del asentado estas unidades absorban el agua del mortero haciendo que este se debilite, y la resistencia se reduzca.
- Se recomienda a los investigadores, continuar con el presente proyecto de investigación relacionado a las unidades de albañilería de concreto ligero y a la fabricación de ladrillos con agregado reciclado.



## VII. REFERENCIAS

- Abanto F. (2010) *Tecnología del Concreto*. Editorial San Marcos. Primera Edición.  
Lima
- Arce E., Arrechavala Y. (2009). *Fabricación de bloques usando como Agregado la piedra pómez*. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.  
Nicaragua.
- Baquero B. Y García F. (2019). *Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros*. Artículo de Investigación Científica. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Colombia.
- Fernandez, C., Hernandez, R., y Baptista, L. (2003). *Metodología de la investigación*.  
Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO.
- Gallegos H. y Casabonne C. (2001), *Albañilería Estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima
- Hernández J. y Osorio S. (2015). *Caracterización de agregado fino tipo piedra pómez para su uso en concretos estructurales*. (Tesis Pregrado). Universidad La Gran Colombia. Colombia.
- MVCS (2006). *Norma E.070 Albañilería de Reglamento Nacional de Edificaciones*.  
Diario Oficial El Peruano. Lima Perú.
- Norma Técnica Peruana (2002) *Comisión de Reglamentos y Comerciales INDECOPI: Agregados*, Lima Perú.



- Norma Técnica Peruana (2003) *Comisión de Reglamentos y Comerciales INDECOPI: Unidades de Albañilería*, Lima-Perú.
- NTP 399.601 (2006). *Unidades de albañilería. Ladrillos de concreto. Requisitos*. Lima, Perú.
- NTP 400.012-2002 ASTM-C136 (1996) *Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global*
- Ríos S. y Rojas C. (2019). *Ladrillo de concreto ligero utilizando como agregado grueso piedra pómez para muros de tabiquería en viviendas multifamiliares*. (Tesis Pregrado). Universidad Ricardo Palma. Perú.
- Schumann W. y Álvarez A. (1994) *Rocas y minerales*. 4ta ed. Ediciones Omega, S.A.
- San Bartolomé A., Romero C. y Torres J. (2003). *Mejora de la Adherencia Bloque-Mortero*. Revista Costos, Edición 112.
- Sánchez D. (2006). *Durabilidad y patología del concreto*. Instituto del Concreto.



## ANEXOS

### ANEXO 1

**ASAQALL INGENIEROS**  
INGENIERÍA A CONCRETAR  
RUC: 20601118191

Ejecución de Obras, Supervisión, Control de Calidad  
Servicios Electromecánicos, Servicio en General

**ENSAYOS PARA CARACTERIZACIÓN  
DE AGREGADOS**

**PROYECTO:**

**"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS  
Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA  
PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES  
DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA  
CIUDAD DE PUNO"**

**PUNO 2021**

PRINCIPAL: JR. JOSE MARIA EGUREN N-52  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

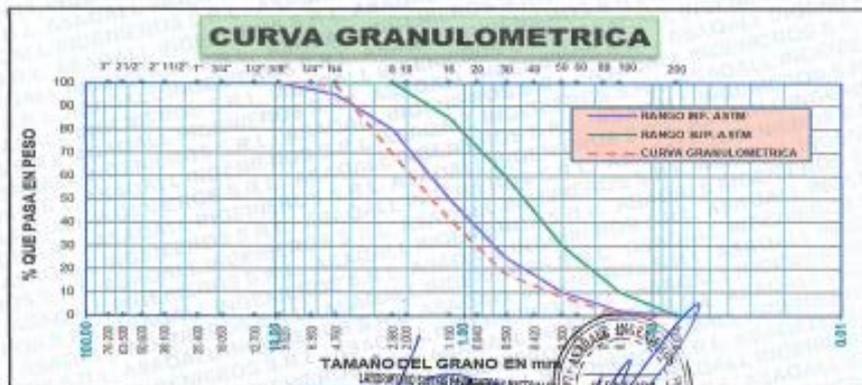
CELULAR: RPN 8918474285 - 910499543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
CANTERA : CUTIMBO - PUNO  
MUESTRA : AGREGADO FINO  
SOLICITA : Bach. LILYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION	
4"	101.600						Peso inicial gr. 880.0 gr.	
3"	76.200						peso final gr. 868.0 gr.	
2 1/2"	63.500						perdida % 1.364 %	
2"	50.800						<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
1 1/2"	38.100							Modulo de fineza 3.63
1"	25.400							Peso Especifico gr/cm3
3/4"	19.050							Peso Unt. Suelto tn/m3
1/2"	12.700						Peso Unt. Verificado tn/m3	
3/8"	9.525				100.00	100	Humedad Natural %	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Absorcion %	
N° 4	4.760	8.00	0.92	0.92	99.08	95	<b>OBSERVACIONES:</b>	
N° 8	2.360	256.00	29.09	30.41	69.59	80		
N° 16	1.190	244.00	28.11	58.53	41.47	50		
N° 30	0.600	203.00	23.30	81.91	18.09	25		
N° 50	0.300	86.00	9.91	91.82	8.18	10		
N° 100	0.149	68.00	7.83	99.65	0.35	2		
N° 200	0.074	2.00	0.23	99.88	0.12	0		
< N° 200		1.00	0.12	100.00	0.00			
<b>TOTAL</b>		<b>868.0</b>	<b>100.00</b>					



*[Signature]*  
Pari Arapo Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 281315

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
CANTERA : SAN BARTOLOMÉ - PUNO  
MUESTRA : AGREGADO FINO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

TAMIZ	ABERTURA	PESO		% RETENIDO CUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION
		RETENIDO	RETENIDO				
4"	101.600						Peso inicial gr. 795.0 gr.
3"	76.200						peso final gr. 785.0 gr.
2 1/2"	63.500						perdida % 1.258 %
2"	50.800						<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.00	100	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.760	70.00	8.92	8.92	91.08	95 100	
N° 8	2.360	63.00	8.03	16.94	83.06	80 100	
N° 16	1.190	122.00	15.54	32.48	67.52	50 85	
N° 30	0.600	200.00	25.73	58.22	41.78	25 60	
N° 50	0.300	289.00	34.27	92.48	7.52	10 30	
N° 100	0.149	37.00	4.71	97.20	2.80	2 10	
N° 200	0.074	10.00	1.27	98.47	1.53	0 0	
< N° 200		12.00	1.53	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>785.0</b>	<b>100.00</b>				

OBSERVACIONES:



PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
CANTERA : CUTIMBO – SAN FORTOLOMÉ – PUNO  
MUESTRA : AGREGADO FINO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021)**

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO**

DATOS			
N°	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA	gr.	350.00
2	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr.	676.00
3	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr.	882
4	PESO DEL LA ARENA SECADA A. HORNO + PESO DE LA TARA	gr.	494.90
5	PESO DE LA TARA	gr.	159.8
6	PESO DEL LA ARENA SECADA A. HORNO (4-5)	gr.	335.00
RESULTADOS			
1	PESO ESPECIFICO (6/(2+1-3))	gr/cm <sup>3</sup>	2.82
2	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ((1-6)/6)	%	4.48

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE PIEDRA PÓMEZ**

DATOS			
N°	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA	gr.	350.00
2	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr.	676.00
3	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr.	838
4	PESO DEL LA ARENA SECADA A. HORNO + PESO DE LA TARA	gr.	454.80
5	PESO DE LA TARA	gr.	159.8
6	PESO DEL LA ARENA SECADA A. HORNO (4-5)	gr.	295.00
RESULTADOS			
1	PESO ESPECIFICO (6/(2+1-3))	gr/cm <sup>3</sup>	1.56
2	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ((1-4)/6)	%	18.64

*[Handwritten signature and official stamp of the company]*

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
CANTERA : CUTIMBO – SAN BARTOLOMÉ – PUNO  
MUESTRA : AGREGADO FINO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

**PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO ASTM C 128**

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	12293.00	12330.00	12348.00
Peso del molde	g	8009.00	8009.00	8009.00
Peso del material	g	4284.00	4321.00	4339.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.397	1.409	1.415
Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.407		

PESO UNITARIO VARILLADO - AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	12755.00	12784.00	12815.00
Peso del molde	g	8009.00	8009.00	8009.00
Peso del material	g	4746.00	4775.00	4806.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.548	1.557	1.567
Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.557		

PESO UNITARIO SUELTO - PIEDRA PÓMEZ				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	10326.00	10339.00	10332.00
Peso del molde	g	8009.00	8009.00	8009.00
Peso del material	g	2317.00	2330.00	2323.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	0.756	0.760	0.758
Promedio	g/cm <sup>3</sup>	0.758		

PESO UNITARIO VARILLADO - PIEDRA PÓMEZ				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	10626.00	10648.00	10677.00
Peso del molde	g	8009.00	8009.00	8009.00
Peso del material	g	2617.00	2634.00	2668.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3066.65	3066.65	3066.65
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	0.858	0.859	0.870
Promedio	g/cm <sup>3</sup>	0.862		

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910408543





**ASAQALL INGENIEROS S.R.L.**  
Ejecución de Obras, Supervisión, Control de Calidad  
Servicios Electromecánicos, Servicio en General







**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
CUBOS DE CONCRETO DE 5CM x 5CM**

**PROYECTO:**

**"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS  
Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA  
PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES  
DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA  
CIUDAD DE PUNO"**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Puno 2021



PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #945474265 - 910406543



**ASAQALL INGENIEROS S.R.L.**

Ejecución de Obras, Supervisión, Control de Calidad  
Servicios Electromecánicos, Servicio en General



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : CUBOS DE 5CM x 5CM  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

RESULTADOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS A LOS TRES DÍAS									
CODIGO	DOSIFICACIÓN	REEMPLAZO DE ARENA POR PIEDRA PÓMEZ	FECHA ELABORACIÓN DE CUBOS	DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE MORTERO			PESO	FUERZA	FECHA DE ROTURA
				LARGO	ANCHO	ALTO			
1	1:4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.02	5.01	4.98	235.0	2098	27/05/2021
2	1:4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.89	4.99	4.99	239.7	1954	27/05/2021
3	1:4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.00	5.01	4.99	235.2	2227	27/05/2021
4	1:4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	5.01	4.89	238.8	2026	27/05/2021
5	1:4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	5.01	4.98	242.3	2047	27/05/2021
6	1:4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	4.99	4.89	239.7	2324	27/05/2021
13	1:3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.02	5.01	5.00	225.1	1912	29/05/2021
14	1:3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.05	5.00	4.98	222.3	1991	29/05/2021
15	1:3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.00	5.04	5.02	224.8	2117	29/05/2021
16	1:3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.00	4.98	4.98	221.3	2008	29/05/2021
17	1:3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.08	5.02	4.99	220.3	1926	29/05/2021
18	1:3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	4.90	5.00	4.98	223.6	1818	29/05/2021
25	1:2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.00	4.99	4.90	182.1	1674	30/05/2021
26	1:2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.01	5.01	4.98	203.2	1715	30/05/2021
27	1:2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.10	4.98	4.98	186.5	1648	30/05/2021
28	1:2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.05	5.00	4.90	199.3	1593	30/05/2021
29	1:2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.05	5.05	4.92	186.0	1618	30/05/2021
30	1:2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.04	5.07	4.91	186.5	1621	30/05/2021
37	1:2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	5.01	4.98	191.0	1511	02/06/2021
38	1:2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	5.01	4.97	180.1	1713	02/06/2021
39	1:2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	4.99	4.99	172.2	1382	02/06/2021
40	1:2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.99	4.99	4.97	188.6	1605	02/06/2021
41	1:2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	4.98	4.98	177.5	1339	02/06/2021
42	1:2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	4.97	4.97	188.7	1224	02/06/2021
49	1:1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.99	4.97	191.1	1519	03/06/2021
50	1:1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.00	4.99	4.96	195.2	1467	03/06/2021
51	1:1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.98	5.01	4.99	194.4	1472	03/06/2021
52	1:1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.99	4.98	5.00	183.8	1381	03/06/2021
53	1:1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.00	5.01	4.97	179.7	1502	03/06/2021
54	1:1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.99	4.98	184.8	1401	03/06/2021
61	1:1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	4.98	4.99	179.1	1445	04/06/2021
62	1:1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.99	5.00	4.98	173.5	1541	04/06/2021
63	1:1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.97	5.01	4.99	191.4	1413	04/06/2021
64	1:1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.01	5.00	4.97	180.2	1381	04/06/2021
65	1:1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	5.01	4.99	192.5	1314	04/06/2021
66	1:1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.99	5.00	5.00	174.4	1293	04/06/2021

*(Handwritten signature and official stamp of ASAQALL INGENIEROS S.R.L.)*

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : CUBOS DE 5CM x 5CM  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

RESULTADOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS A LOS SIETE DÍAS									
CODIGO	DOSIFICACIÓN	REEMPLAZO DE ARENA POR PIEDRA PÓMEZ	FECHA ELABORACIÓN DE CUBOS	DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE MORTERO			PESO	FUERZA	FECHA DE ROTURA
				LARGO	ANCHO	ALTO			
7	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.00	5.00	4.97	233.5	2747	31/05/2021
8	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.90	5.08	5.04	235.7	2649	31/05/2021
9	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.99	4.98	5.00	239.4	2813	31/05/2021
10	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.92	4.99	5.00	239.3	2835	31/05/2021
11	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	4.96	5.00	4.91	242.3	2736	31/05/2021
12	1: 4 ARENA: 0 PÓMEZ	0	24/05/2021	5.01	5.00	4.99	238.3	2728	31/05/2021
19	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.01	4.99	5.00	218.6	2671	02/06/2021
20	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.00	5.01	4.99	221.3	2714	02/06/2021
21	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.01	5.00	4.97	214.7	2687	02/06/2021
22	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	5.01	5.01	4.95	215.2	2599	02/06/2021
23	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	4.97	4.99	4.99	221.2	2674	02/06/2021
24	1: 3 ARENA: 1 PÓMEZ	25	26/05/2021	4.99	4.99	4.98	220.6	2684	02/06/2021
31	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	4.99	5.00	5.01	200.8	2632	03/06/2021
32	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.01	5.00	4.99	198.0	2523	03/06/2021
33	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.01	5.00	4.98	202.7	2498	03/06/2021
34	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.02	5.01	4.99	177.4	2611	03/06/2021
35	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	4.99	5.01	4.97	204.2	2578	03/06/2021
36	1: 2.5 ARENA: 1.5 PÓMEZ	37.5	27/05/2021	5.00	4.89	4.97	199.7	2495	03/06/2021
43	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	4.99	4.95	192.3	2548	06/06/2021
44	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.98	4.99	4.96	190.5	2413	06/06/2021
45	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.01	5.01	4.99	190.2	2374	06/06/2021
46	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.99	4.98	5.00	191.4	2515	06/06/2021
47	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	4.98	5.00	4.97	194.6	2478	06/06/2021
48	1: 2 ARENA: 2 PÓMEZ	50	30/05/2021	5.00	4.98	4.98	191.2	2601	06/06/2021
55	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.98	4.97	5.00	178.7	2408	07/06/2021
56	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.06	4.98	4.97	179.3	2318	07/06/2021
57	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.97	4.98	175.4	2294	07/06/2021
58	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.97	4.99	4.98	181.3	2307	07/06/2021
59	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	4.99	5.00	4.98	177.9	2306	07/06/2021
60	1: 1.5 ARENA: 2.5 PÓMEZ	62.5	31/05/2021	5.01	4.98	4.99	182.4	2298	07/06/2021
67	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	4.98	4.98	180.4	2325	08/06/2021
68	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.01	4.99	4.97	178.3	2302	08/06/2021
69	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.97	4.98	4.97	182.5	2214	08/06/2021
70	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.01	5.01	4.99	181.8	2305	08/06/2021
71	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	4.99	4.99	4.98	180.4	2281	08/06/2021
72	1: 1 ARENA: 3 PÓMEZ	75	01/06/2021	5.00	4.98	4.97	179.7	2407	08/06/2021

*(Signature)*  
INGENIERO CIVIL  
C.P.N. 225115

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



**ASAQALL** **ASAQALL INGENIEROS** S.R.L.  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN  
RUC: 20601118191  
Ejecución de Obras, Supervisión, Control de Calidad  
Servicios Electromecánicos, Servicio en General

**ENSAYOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

**PROYECTO:**

**"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO"**

**PUNO 2021**

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-SB  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM 8948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA Y DE CONCRETO LIGERO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA								
MUESTRA	L (cm)		H (cm)				A (cm)	
	1	2	1	2	3	4	1	2
1	23.80	24.20	10.2	10.09	10.05	10.02	14.2	14.5
2	24.15	24.10	10	9.95	10.13	10.09	14.25	14.2
3	23.95	24.10	10	10.15	10.12	10.05	14.2	14.25
4	24.10	24.20	9.98	10.07	10.03	10.03	14.15	14.15
5	24.15	24.05	10	10.1	9.95	10.16	14.25	14.2
6	23.95	24.00	10.22	10.18	9.99	10.1	14.1	14.2
7	24.00	24.00	10	10.2	10	10.2	14.15	14.15
8	24.00	24.15	9.95	10.16	10.03	10.2	14.2	14.15
9	24.00	24.05	10.05	10.14	10.03	10.05	14.1	14.1
10	24.15	24.05	10.05	10.13	10.01	10.14	14.25	14.15

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO								
MUESTRA	L (cm)		H (cm)				A (cm)	
	1	2	1	2	3	4	1	2
1	24.10	24.05	9.7	9.8	9.8	9.7	14.10	14.10
2	24.00	24.10	9.9	9.8	9.9	9.8	14.00	14.05
3	24.00	24.10	9.8	9.8	9.7	9.8	14.10	14.05
4	24.10	24.00	9.9	9.8	9.9	9.9	14.00	14.10
5	24.00	24.05	9.8	9.8	9.8	9.7	14.10	14.05
6	24.10	24.00	9.9	9.8	9.9	9.8	14.10	14.00
7	24.00	24.00	9.8	9.7	9.8	9.7	14.05	14.00
8	24.00	24.10	9.8	9.8	9.9	9.8	14.00	14.02
9	24.00	24.05	9.7	9.8	9.7	9.9	14.10	14.10
10	23.95	24.05	9.9	9.8	9.9	9.8	14.00	14.10

INGENIERO EN  
OPN 23513

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA Y DE CONCRETO LIGERO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ENSAYO DE ALABEO

LADRILLO DE ARCILLA CALCINADA		
CÓDIGO	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
1	2	1
2	1	0
3	1	0
4	1	0.2
5	1.5	0
6	0.5	0
7	1	0.5
8	1.5	0
9	2	0
10	1.5	0.4
MÁXIMO	2	0.5

LADRILLO DE CONCRETO LIGERO		
CÓDIGO	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
1	0.5	0.4
2	0	0
3	0.5	0
4	0	0.5
5	0	0.3
6	0.5	0.5
7	0.5	0
8	0	0
9	0.5	0
10	0	0.5
MÁXIMO	0.5	0.5

### ENSAYO DE ABSORCIÓN

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA			
MUESTRA	W(d)	W(s)	ABS (%)
1	1678	1968	17.28
2	1664	1964	18.03
3	1638	1931	17.89
4	1652	1940	17.43
5	1672	1958	17.11
PROMEDIO ABSORCIÓN (%)			17.55

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO			
MUESTRA	W(d)	W(s)	ABS (%)
1	1702	1943	14.16
2	1709	1949	14.04
3	1735	1981	14.18
4	1725	1970	14.20
5	1723	1968	14.22
PROMEDIO ABSORCIÓN (%)			14.16

*Percy Arana Delgado*  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 231513

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM 9848474285 - 910406543



PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA	: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA Y DE CONCRETO LIGERO
SOLICITA	: Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA

ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA DE LADRILLO DE ARCILLA			
MUESTRA	W(d)	W(s)	ABS (%)
1	1678	2006	19.55
2	1664	2001	20.25
3	1638	1967	20.09
4	1652	1977	19.67
5	1672	1995	19.32
PROMEDIO ABSORCIÓN MÁXIMA (%)			19.78

ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO			
MUESTRA	W(d)	W(s)	ABS (%)
1	1702	1987	16.75
2	1709	2016	17.96
3	1735	2043	17.75
4	1725	2019	17.04
5	1723	2023	17.41
PROMEDIO ABSORCIÓN MÁXIMA (%)			17.38

### ENSAYO DE SUCCIÓN

ENSAYO DE SUCCIÓN LADRILLO DE ARCILLA											
MUESTRA	LARGO			ANCHO			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PESO INICIAL	PESO FINAL	DIFERENCIA DE PESOS	SUCCIÓN (g)
	L-1	L-2	L. PROM	A-1	A-2	A. PROM					
1	24.15	24.10	24.13	14.25	14.20	14.23	343.18	3145	3238	93	54.20
2	24.10	24.20	24.15	14.15	14.15	14.15	341.72	3105	3192	87	50.92
3	23.95	24.00	23.98	14.10	14.20	14.15	339.25	3075	3165	90	53.06
4	24.00	24.15	24.08	14.20	14.15	14.18	341.26	3108	3204	96	56.26
5	24.15	24.05	24.10	14.25	14.15	14.20	342.22	3122	3217	95	55.52
PROMEDIO											53.99

ENSAYO DE SUCCIÓN LADRILLO DE CONCRETO LIGERO											
MUESTRA	LARGO			ANCHO			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PESO INICIAL	PESO FINAL	DIFERENCIA DE PESOS	SUCCIÓN (g)
	L-1	L-2	L. PROM	A-1	A-2	A. PROM					
1	24.00	24.10	24.05	14.00	14.05	14.03	337.30	3635	3669	34	20.16
2	24.00	24.10	24.05	14.10	14.05	14.08	338.50	3620	3652	32	18.91
3	24.10	24.00	24.05	14.00	14.10	14.05	337.90	3638	3669	31	18.35
4	24.00	24.05	24.03	14.10	14.05	14.08	338.15	3652	3685	33	19.52
5	24.00	24.05	24.03	14.00	14.10	14.05	337.55	3640	3678	32	18.96
PROMEDIO											19.18

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-6B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA Y DE CONCRETO LIGERO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA						
MUESTRA	ANCHO		ALTURA		L (cm)	Pu (kg)
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	t-1	t-2		
1	14.10	14.10	10.07	10.03	17.00	414.90
2	14.15	14.15	10.10	9.95	17.00	467.50
3	14.15	14.10	10.18	9.99	17.00	435.29
4	14.05	14.15	10.20	10.00	17.00	411.62
5	14.10	14.10	10.16	10.03	17.00	428.60

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO						
MUESTRA	ANCHO		ALTURA		L (cm)	Pu (kg)
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	t-1	t-2		
1	14.00	14.05	9.80	9.80	17.00	574.24
2	14.10	14.05	9.90	9.80	17.00	605.30
3	14.00	14.02	9.80	9.70	17.00	608.70
4	14.10	14.05	9.80	9.80	17.00	596.31
5	14.00	14.10	9.70	9.80	17.00	583.42

Percy Arango Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CP N° 23130

PRINCIPAL- JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474205 - 910406543



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA Y DE CONCRETO LIGERO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE LADRILLO DE ARCILLA					
MUESTRA	ANCHO		ALTURA		Pu (kg)
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	t-1	t-2	
1	14.20	14.10	10.00	10.15	890.90
2	14.15	14.10	9.98	10.07	838.44
3	14.10	14.20	10.00	10.10	875.77
4	14.10	14.05	10.10	10.18	798.56
5	14.10	14.10	10.00	10.20	754.09

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO					
MUESTRA	ANCHO		ALTURA		Pu (kg)
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	t-1	t-2	
1	14.00	14.10	9.9	9.9	448.70
2	14.10	14.05	9.8	9.7	564.89
3	14.10	14.00	9.9	9.8	561.80
4	14.05	14.00	9.8	9.7	595.47
5	14.10	14.10	9.7	9.9	482.66

INGENIERO PERUANO N.º 237313

Percy Araujo Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP N.º 237313



PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543

**ASAQALL INGENIEROS S.R.L.**  
Ejecución de Obras, Supervisión, Control de Calidad  
Servicios Electromecánicos, Servicio en General

RUC: 20601118191

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ADICIÓN DE PIEDRA PÓMEZ PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO LIGERO EN LA CIUDAD DE PUNO  
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA Y DE CONCRETO LIGERO  
SOLICITA : Bach. LELYS DEL CARMEN PARI CONDORI

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA					
MUESTRA	ANCHO		LARGO		Pu (kg)
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	L-1	L-2	
1	14.10	14.20	12.00	12.05	22421.05
2	14.15	14.15	11.90	11.80	21752.01
3	14.20	14.15	12.05	12.02	22258.01
4	14.10	14.10	11.80	11.80	21911.69
5	14.25	14.15	11.80	12.00	22378.50

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO LIGERO					
MUESTRA	ANCHO		ALTURA		Pu (kg)
	b-1 (cm)	b-2 (cm)	L-1	L-2	
1	14.10	14.00	11.95	11.95	22739.0
2	14.05	14.00	12.00	12.00	23756.07
3	14.00	14.02	11.98	11.95	22722.05
4	14.10	14.10	12.00	12.00	23018.86
5	14.00	14.10	11.95	12.00	22546.55

*[Firma manuscrita]*  
Percy Altipa Paredes  
INGENIERO CIVIL  
CP N° 221313

PRINCIPAL: JR. JOSÉ MARÍA EGUREN H-5B  
JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

CELULAR: RPM #948474265 - 910406543



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-082-2016

Pág. 1 de 3

**OBJETO DE PRUEBA:** MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

**Rangos:** 100 000 kgf

**Dirección de carga:** Ascendente

**FABRICANTE:** METROTEST

**Modelo:** MC-165

**Serie:** 158

**Indicador Digital:** MCIL-1 / C-1007

**Transdustor de Presión:** HPS-001 / 150612017

**Ubicación:** Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.

**Código Identificación:** NO INDICA

**Norma utilizada:** ASTM E4; ISO 7500-1

**Intervalo calibrado:** Escala (s) 100 000 kgf  
De 10 000 a 100 000 kgf 10% A 100%

**Temperatura de prueba °C:** Inicial 21,5 Final 21,0

**Inspección general:** La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

**Solicitante:** ASAQALL INGENIEROS SCRL

**Dirección:** JR. JOSE MARIA EGUREN MZA. H LOTE. 5B - SAN ROMAN - JULIACA

**Ciudad:** JULIACA

**PATRON(ES) UTILIZADO(S):** Tipo / Modelo: BOTELLA  
Código: MF-02  
Certif. de calibr.: INF-LE 122-15C PUCP

**Unidades de medida:** Sistema Internacional de Unidades (SI)

**FECHA DE CALIBRACION:** 2016/04/04

**FECHA DE EMISION:** 2016/04/04

**FIRMAS AUTORIZADAS**



Jefe de Metrología  
Luiggi Asenjo G.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**CFM-082-2016**

Pág. 2 de 2

Método de calibración FUERZA INDICADA CONSTANTE

**DATOS DE CALIBRACIÓN**

ESCALA: 981 kN Resolución: 0,05 kN Dirección de la carga Ascendente  
100 000 kgf 0,005 kgf Factor de conversión 0,001e kN/kgf

Indicación de la máquina (F)	Indicaciones del patrón (series de mediciones)						
	0°	120°	No aplica	240°	Accesorios		
%	kN	kgf	kN	kgf	kgf	kgf	kN
10	100,00	10 197	99,10	99,16	No aplica	99,89	No aplica
20	200,00	20 394	198,11	198,21	No aplica	197,77	No aplica
30	300,00	30 591	298,83	298,96	No aplica	299,07	No aplica
40	400,00	40 789	398,90	399,00	No aplica	399,11	No aplica
50	500,00	50 986	498,96	499,11	No aplica	499,13	No aplica
60	600,00	61 183	599,38	599,53	No aplica	599,60	No aplica
70	700,00	71 380	699,31	699,48	No aplica	699,57	No aplica
80	800,00	81 577	799,44	799,65	No aplica	799,78	No aplica
Indicación después de carga			0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 980,67 kN Incertidumbre del patrón: ± 0,085 %

Indicación de la máquina (F)	Cálculo de errores relativos						Resolución
	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	Resolución		
%	kN	kgf	a (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	h (%)
10	100,00	10 197	0,96	0,28	No aplica	No aplica	0,05
20	200,00	20 394	0,99	0,22	No aplica	No aplica	0,02
30	300,00	30 591	0,35	0,08	No aplica	No aplica	0,02
40	400,00	40 789	0,25	0,05	No aplica	No aplica	0,01
50	500,00	50 986	0,19	0,03	No aplica	No aplica	0,01
60	600,00	61 183	0,08	0,04	No aplica	No aplica	0,01
70	700,00	71 380	0,08	0,04	No aplica	No aplica	0,01
80	800,00	81 577	0,05	0,04	No aplica	No aplica	0,01
Error de cero lo (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 0,00

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Jefe de Metrología  
Luigi Asenjo G.



**Metrotest**<sup>E.I.R.L.</sup>  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** CFM-082-2016  
Pág. 3 de 3

**CLASIFICACIÓN DE MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS**  
Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	100 000	kgf		
Error de exactitud	0,99	%	Error de cero	0
Error de repetibilidad	0,28	%	Error por accesorio	0 %
Error de Reversibilidad	No aplica		Resolución	0,02 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

**ESCALA 100 000 kgf Ascendente**

**TRAZABILIDAD**  
METROTEST E.I.R.L., asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

**OBSERVACIONES**

1. Los cartés de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Jefe de Metrología  
**Luigi Asenjo G.**

J. Aristides Soliguren 404 Dpto. 102 Urb. Parque De Villa Sol - Los Olivos - www.metrotestei.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ycdst@metrotestei.com  
Tel: 528-7808 - Telefax: 528-3324 - Cels.: 993010192 / 962889991 / 957045343 - Fx. 137\*3060 - RPN: #060081  
**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.**

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-136-2016

Página 1 de 3

Solicitante : ASADALL INGENIEROS SRL  
Dirección : JR. JOSE MARIA FIGUEROA MZA. H LOTE. 8B - SAN ROMAN - JULIACA

Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO  
Marca : METROTEST  
Modelo : MB-40  
Procedencia : PERU  
Código de Identificación : MO INDICA  
Número de Serie : 754  
Temperatura de trabajo : 150 °C ± 10 °C  
Ventilación : Natural  
Lugar de Calibración : Lab. Temperatura de Metrotest E.I.R.L.

Instrumento de Medición:

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de indicación
Termómetro controlador	AUTONICA	TCMS	MO INDICA	800°C	5.1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2016-04-04  
Fecha de Emisión : 2016-04-04

Método de Calibración Empleado:  
La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con Termómetro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPVSNM PC-305 v1 Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos"

Observaciones:  
• Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".  
• La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

Jr. Antarcida Sologuren 484 Dpto. 102 CDR. Parque De Wila Sof - Los Olivos    www.metrotest.com / metrotestlogistica@protonmail.com / ventas@metrotest.com  
Telf: 525-7838    Telefax: 526-3324    Dels: 888010152 / 982899991 / 957045343    N. 127\*9060    RPSM #068801  
**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### CTM-136-2016

Página 1 de 3

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Laboratorio de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termostato de circulación Digital con 10 sensores	CTM-061-2016
Patrón de referencia del BIPM (WDCDF)	Termostato de circulación digital con incertidumbre del orden 0.017 °C	17-008-2014

**Condiciones Ambientales:**

	Inicio	Final
Temperatura (°C)	21.9	21.5
Humedad (%)	53	49.9

**Resultados de la calibración:**

**CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C**

TIEMPO (min.)	T real (°C)	Termostato del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	Insc. (°C)
			NIVEL SUPERIOR					NIVEL REFERENCIAL						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	109.5	111.3	112.2	108.8	108.8	107.6	107.6	109.0	111.6	111.4	109.0	110.1	0.9
02	110	109.0	111.0	112.1	108.8	108.7	107.7	106.7	107.5	107.5	110.4	108.5	108.3	1.0
04	110	107.9	111.0	112.1	108.8	108.7	107.0	106.7	107.5	107.5	108.4	109.0	108.3	1.1
06	110	108.0	111.0	112.0	108.8	108.5	107.0	106.7	107.5	107.5	108.3	109.1	108.5	1.2
08	110	108.0	110.0	112.1	108.7	108.0	106.7	106.7	107.5	107.5	108.3	109.2	108.5	1.1
10	110	108.1	109.0	112.2	108.8	108.0	106.8	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.3	1.0
12	110	108.4	110.0	112.3	108.8	108.0	106.8	106.8	107.4	107.4	110.2	109.5	108.2	1.0
14	110	108.4	110.0	112.3	108.8	108.0	106.8	106.8	107.4	107.4	110.2	109.5	108.2	1.0
16	110	108.7	110.0	112.2	108.5	108.0	106.8	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.5	1.0
18	110	108.7	110.0	112.2	108.5	108.0	106.7	106.7	107.4	107.4	110.2	109.4	108.5	1.0
20	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
22	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
24	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
26	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
28	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
30	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
32	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
34	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
36	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
38	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
40	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
42	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
44	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
46	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
48	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
50	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
52	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
54	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
56	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
58	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
60	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
T PROM	110	108.9	110.0	112.1	108.0	108.4	106.7	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
T MAX	112	109.0	111.0	112.3	108.1	108.2	107.0	106.8	107.5	107.5	110.4	109.5	108.8	1.1
T MIN	108	107.9	110.0	109.9	108.0	108.0	106.8	106.8	107.4	107.4	110.2	109.4	108.7	1.0
OTI	0.0	1.2	0.3	0.3	0.4	1.0	1.0	1.1	0.9	0.3	1.2			



Av. Antillas Sologuren 484 Dept. 10018th, Puzos de Villa Eva - Los Olivos      www.metrotest.com / metrotestlogica@protonmail.com / ventas@metrotest.com  
 Tel: 526-7806    Tel-Fax: 526-3324    Cels: 993010132 / 992939991 / 997045340    N. 127\*8888    9999    #168091  
**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.**




**Metrotest E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
CTM-136-2016

Página 1 de 1

PARAMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	111.6	0.2
Mínima Temperatura Medida	107.5	0.2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2.8	0.3
Estabilidad	±0.00	0.04
Uniformidad	4	0.3

T PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración  
 T prom: Promedio de la temperatura en las dos posiciones de medición para un instante dado  
 T MAX: Temperatura máxima  
 T MIN: Temperatura mínima  
 DTT: Desviación de Temperatura en el tiempo

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Intervalo de espacio de las indicaciones del termómetro usado del modo isométrico: **0.4 °C**

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  de DTT.



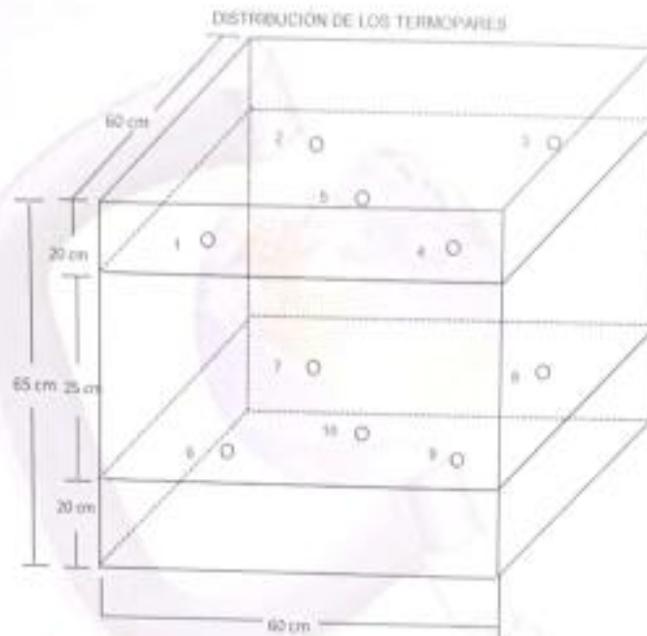
Av. Arzobispo Sotomayor 454 Depto. 1322 Urb. Parque De Villa San - Los Olivos    www.metrotesteirl.com / InstitutoEducativo@metrotesteirl.com / ventas@metrotesteirl.com  
 Telf: 528-7096 / 528-3324 Cel: 993010100 / 982889981 / 997045340 T: 127\*0000 RPP: 4008091  
**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.**





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CTM-136-2016

Página 6 de 5



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.  
Los termopares del 1 al 4 y del 8 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.  
Los termopares del 1 al 4 y del 8 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.





# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-199-2016

<b>Solicitante</b>	ASAQALL INGENIEROS SCRL	<b>Misión:</b>
<b>Dirección</b>	JR. JOSE MARIA EGUREN MZA. H LOTE. 5B - SAN ROMAN - JULIACA	Prestar servicios con políticas de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones. Muestras repartidas en máquinas y equipos para mediciones y ensayos.
<b>Equipo de Medición</b>	BALANZA NO AUTOMÁTICA	<b>Visión:</b>
<b>Marca</b>	OHAUS	Lograr la uniformidad de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
<b>Modelo</b>	SE8001F	Tenemos como objetivo avanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera ofrecer para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
<b>Serie</b>	B415927613	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	CHINA	
<b>Capacidad Máxima</b>	6000 g	
<b>División de escala ( d )</b>	0,1 g	
<b>División de verificación ( e )</b>	1 g	
<b>Tipo</b>	ELECTRONICA	
<b>Ubicación</b>	Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.	
<b>Fecha de Calibración</b>	2016-04-04	

**Método de Calibración**  
Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase II y Clase III. PC - 001 del SNM-INDECOP, Tercera Edición enero 2010.

**Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	24.5 °C	23.8 °C
Humedad Relativa	45 %	43 %

<b>Sello</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Jefe de Metrología</b>
	2016-04-05	 Luigi Alessio G.

Página 1 de 4  
FM08-01

J. Aristides Solaguren 454 Dpto. 102 Urb. Parques De Villa Dñ - Los Divinos www.metrotest.pe / metrotestlogistica@metrotest.com / ventas@metrotest.com  
Tel.: 525-7938 Telefax: 525-3324 Cel.: 953010192 / 962689561 / 957045343 N. 127\*009. RPAE. #060091  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL.



 **Metrotest**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-199-2016

**Observaciones**  
Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 2 g  
Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP-003-2009 - 2da Edición  
Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

**Incertidumbre**  
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

**Trazabilidad**  
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de SI-M (NIST CIPM)	Juego de pesas (realidad P1)	LM-025-2016
Patrones de referencia de SI-M (NIST CIPM)	Juego de pesas (realidad P1)	LM-026-2016



Página 2 de 4  
Hecho en:

Jr. Análides Solopom 404 Cpto. 122 Urb. Parques De Villa Sir - Los Olivos    www.metrotest.pe / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotest.com  
Tel.: 520-7698 - Teletax: 028-3374 - Cels.: 993010192 / 962889991 / 967045343 N. 127\*8569 RPM: #018001  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.