



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



**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE CON LA  
ESTABILIZACIÓN DE CEMENTO, EN VIVIENDAS  
AUTOCONSTRUIDAS POR FAMILIAS DE BAJOS RECURSOS  
ECONÓMICOS EN EL CENTRO POBLADO RAMIS, TARACO,  
HUANCANÉ - 2021.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. FREDY RUBEN, GONZALES VARGAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicado a mi padre Rubén Gonzales por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad con mucho sacrificio, educación y ese apoyo incondicional de su parte para lograr alcanzar mis anhelos; muchos de mis logros se lo debo a él, entre los que se incluye esta tesis.

A toda mi familia, en especial a mis abuelos Adrián Gonzales y Nicolasa Sucasaire que contribuyeron en mi formación profesional, por haberme orientado y dotado de sabios consejos.

A mi inspiración y fortaleza, mi hija zahory Sofía Gonzales que bajo del cielo para llenar de alegría mi vida y darme día a día las fuerzas necesarias para luchar y alcanzar mis metas.

**Fredy R. Gonzales**



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano por permitirme realizar mis estudios y formación profesional.

A la escuela profesional de Ingeniería Civil el cual fue uno de mis anhelos más preciados.

A mi padre y familia por el apoyo y la confianza brindada durante mis años de estudio y haber contribuido en mi formación.

Al Ing. Samuel Huaquisto Cáceres por su apoyo incondicional para desarrollar la presente investigación.

A mis docentes de la escuela Profesional de Ingeniería Civil por haberme brindado sabias enseñanzas e inculcado valores durante mi formación profesional.

A mis amistades que estuvieron en los buenos y malos momentos compartiendo conocimientos y experiencias laborales en especial al Ing. Raúl Mamani Choque.

**Fredy R. Gonzales**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 16**

**ABSTRACT..... 17**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

1.1. Planteamiento del problema ..... 18

1.2. Justificación de estudio ..... 23

1.2.1. Justificación técnica ..... 23

1.2.2. Justificación social ..... 23

1.2.3. Justificación ambiental..... 23

1.3. Formulación del problema..... 24

1.4. Hipótesis de la investigación ..... 24

1.5. Objetivos de la investigación ..... 24

1.6. Definición de variable ..... 25

1.6.1. Cuadro de operacionalización de variables..... 27

1.7. Limitaciones de la investigación ..... 28

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. Antecedentes ..... 29



2.2. Marco teórico .....	38
2.2.1. Adobe Estabilizado .....	38
2.2.2. Propiedades del Adobe .....	39
2.2.3. Componentes del adobe .....	39
2.2.4. Selección de suelo.....	40
2.2.4.1. Suelos Apropriados.....	41
2.2.5. Pruebas de selección .....	42
2.2.5.1. Prueba granulométrica (prueba de la botella).....	42
2.2.5.2. Prueba “cinta de Barro” .....	43
2.2.5.3. Prueba “Presencia de arcilla” o “resistencia seca” .....	43
2.2.5.4. Limite liquido .....	45
2.2.5.5. Limite plástico .....	47
2.2.5.6. Índice de plasticidad .....	48
2.2.5.7. Grado de Consistencia.....	49
2.2.5.8. Granulometría.....	50
2.2.6. Fabricación de Adobe .....	51
2.2.6.1. Dimensionamiento de adobe .....	51
2.2.6.2. Mezclado .....	51
2.2.6.3. Moldeo.....	52
2.2.6.4. Secado y almacenamiento .....	52
2.2.6.5. Control de calidad.....	53
2.2.7. Propiedades Físicas de las Unidades.....	55
2.2.7.1. Variabilidad dimensional.....	55
2.2.7.2. Alabeo.....	55
2.2.8. Propiedades Mecánicas de las Unidades.....	55



2.2.8.1.	Succión .....	55
2.2.8.2.	Absorción .....	56
2.2.8.3.	Resistencia a la compresión.....	56
2.2.9.	Pruebas de Laboratorio .....	57
2.2.9.1.	Ensayo de Alabeo .....	58
2.2.9.2.	Ensayo de Succión.....	58
2.2.9.3.	Ensayo de Absorción.....	60
2.2.9.4.	Ensayo de Erosión acelerada de Swinburne (SAET) .....	62
2.2.9.5.	Ensayo de Resistencia a la Compresión .....	64

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y METODOS**

3.1.	Ubicación geográfica del estudio .....	65
3.2.	metodología de la investigación .....	66
3.2.1.	Tipo de Investigación.....	66
3.2.2.	Nivel de Investigación .....	66
3.3.	Población y muestra .....	66
3.3.1.	Población.....	66
3.3.2.	Cuantificación de la población.....	67
3.3.3.	Muestra .....	67
3.4.	Evaluación de la muestra.....	67
3.4.1.	Criterio de Inclusión .....	69
3.5.	Instrumentos .....	69
3.5.1.	Instrumentos metológicos y de recolección de datos.....	69
3.5.2.	Materiales y equipos de laboratorio .....	70
3.6.	Procedimiento de recolección de datos .....	70



3.6.1.	Muestreo de suelo .....	70
3.6.2.	Muestreo de Ch'ampa .....	72
3.6.3.	Fabricación de Bloques de Adobe .....	74
3.6.3.1.	Bloque de albañilería tradicional.....	74
3.6.3.2.	Adobe estabilizado con cemento al 5, 10 y 15% .....	75
3.7.	Ensayos de laboratorio .....	77
3.7.1.	Muestreo de suelo .....	77
3.7.2.	Ensayo de Granulometría.....	78
3.7.3.	Límites de Atterberg .....	79
3.7.4.	Ensayo de Alabeo .....	83
3.7.5.	Ensayo de Succión .....	84
3.7.6.	Ensayo de Absorción .....	85
3.7.7.	Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET).....	87
3.7.8.	Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	88
3.8.	Análisis de datos obtenidos .....	90
3.8.1.	Ensayo de Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico).....	92
3.8.2.	Ensayo de Variabilidad Dimensional.....	95
3.8.3.	Ensayo de Alabeo .....	101
3.8.4.	Ensayo de Succión .....	103
3.8.5.	Ensayo de Absorción .....	105
3.8.6.	Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET).....	107
3.8.7.	Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	110

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Resultados .....	113
------	------------------	-----



4.1.1.	Discusión de Resultados .....	113
4.1.1.1.	Ensayo de granulometría .....	113
4.1.1.2.	Ensayo de límites de Atterberg.....	114
4.1.1.3.	Ensayo de variabilidad dimensional.....	114
4.1.1.4.	Ensayo de alabeo .....	115
4.1.1.5.	Ensayo de succión .....	116
4.1.1.6.	Ensayo de absorción .....	116
4.1.1.7.	Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET) .....	117
4.1.1.8.	Ensayo de resistencia a la compresión .....	119
4.1.1.9.	Propuesta de edificación autoconstruida .....	120
4.2.	Cumplimiento de objetivos y prueba de hipótesis.....	125
4.2.1.	Cumplimiento de objetivos .....	125
4.2.1.1.	Objetivos Específicos .....	126
4.2.1.2.	Objetivo General .....	130
4.2.2.	Prueba de Hipótesis.....	133
4.2.2.1.	Hipótesis Especificas.....	133
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>136</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>.....</b>	<b>144</b>

**TEMA:** Estabilización de bloques de albañilería tradicional con cemento.

**ÁREA:** Innovación tecnológica en construcción y gerencia.

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

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 de agosto de 2022**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Viviendas de Ch'ampa inhabitadas. ....	18
<b>Figura 2:</b> Viviendas de adobe tradicional. ....	19
<b>Figura 3:</b> Porcentaje de tipos de vivienda en el departamento de Puno. ....	20
<b>Figura 4:</b> Viviendas colapsadas en el centro poblado Ramis. ....	20
<b>Figura 5:</b> Distrito de Taraco inundado por desborde del río Ramis. ....	21
<b>Figura 6:</b> Deformación de Putuco. ....	36
<b>Figura 7:</b> Deformaciones en modelo matemático. ....	37
<b>Figura 8:</b> moldeo de bolitas de barro. ....	44
<b>Figura 9:</b> Prueba de la resistencia seca ....	44
<b>Figura 10:</b> Secado de adobes ....	53
<b>Figura 11:</b> Volteo de canto o costado en 6 días. ....	53
<b>Figura 12:</b> Pieza de adobe agrietado. ....	54
<b>Figura 13:</b> control de calidad (resistencia) ....	54
<b>Figura 14:</b> Ensayo de variabilidad dimensional. ....	57
<b>Figura 15:</b> Espécimen sometido al ensayo de succión ....	60
<b>Figura 16:</b> Especímenes sometidos a Ensayo de absorción. ....	62
<b>Figura 17:</b> Esquema de ensayo de erosión acelerada. ....	63
<b>Figura 18:</b> Ensayo de resistencia a la compresión. ....	64
<b>Figura 19:</b> Ubicación del distrito de Taraco, Huancané, Puno. ....	65
<b>Figura 20:</b> Vista del Centro Poblado Ramis. ....	65
<b>Figura 21:</b> Muestreo de suelo - acopio de suelo. ....	71
<b>Figura 22:</b> Coloración del suelo muestreado. ....	71
<b>Figura 23:</b> Zonas de extracción de champa con Ch'iji. ....	72
<b>Figura 24:</b> Herramienta que facilita la extracción de la Ch'ampa. ....	73



<b>Figura 25:</b> Extracción de bloque de Ch'ampa con Quemello.....	73
<b>Figura 26:</b> Bloques de Ch'ampa muestreados. ....	73
<b>Figura 27:</b> Mezcla de barro lista a moldear. ....	75
<b>Figura 28:</b> Bloques de albañilería tradicional.....	75
<b>Figura 29:</b> Dosificación para adobes estabilizados. ....	76
<b>Figura 30:</b> Mezcla estabilizada con cemento.....	77
<b>Figura 31:</b> Moldeo de adobes estabilizados con cemento. ....	77
<b>Figura 32:</b> Cuarteo de muestra - Obtención de muestra representativa.....	78
<b>Figura 33:</b> Ensayo de granulometría mediante tamizaje. ....	79
<b>Figura 34:</b> Equipo y materiales para realizar el ensayo de limite Líquido.....	80
<b>Figura 35:</b> Amasado de mezcla para ensayo. ....	81
<b>Figura 36:</b> Colocado de muestra en la capsula. ....	81
<b>Figura 37:</b> Cuchara Casagrande con muestra acanalada. ....	81
<b>Figura 38:</b> Medición de las dimensiones. ....	83
<b>Figura 39:</b> Medición de la concavidad de las unidades.....	84
<b>Figura 40:</b> Espécimen sometido al Ensayo de succión.....	85
<b>Figura 41:</b> Peso de la muestra después de la prueba. ....	85
<b>Figura 42:</b> Especímenes sumergidos en agua durante 24 horas. ....	86
<b>Figura 43:</b> Registro de peso de muestra saturada Ensayo de absorción.....	86
<b>Figura 44:</b> Ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET). ....	88
<b>Figura 45:</b> Colocación del bloque al equipo de compresión. ....	89
<b>Figura 46:</b> Sometimiento del testigo a fuerza de compresión. ....	89
<b>Figura 47:</b> Falla de los bloques sometidos a compresión.....	89
<b>Figura 48:</b> Curva granulométrica de la muestra 01. ....	90
<b>Figura 49:</b> Curva granulométrica de la muestra 02. ....	91



<b>Figura 50:</b> Curva granulométrica de la muestra 03. ....	92
<b>Figura 51:</b> Gráfico de límite líquido muestra 01. ....	93
<b>Figura 52:</b> Gráfico límite Líquido muestra 02.....	94
<b>Figura 53:</b> Gráfico Limite Líquido muestra 03. ....	95
<b>Figura 54:</b> Resultados - Ensayo de Variabilidad Dimensional.....	115
<b>Figura 55:</b> Resultados - Ensayo de Alabeo.....	115
<b>Figura 56:</b> Resultados - Ensayo de Succión. ....	116
<b>Figura 57:</b> Resultados - Ensayo de Absorción. ....	117
<b>Figura 58:</b> Resultados - Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne. ....	118
<b>Figura 59:</b> Resultados - Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	119
<b>Figura 60:</b> Plano de distribución de vivienda Prototipo de adobe.....	120
<b>Figura 61:</b> Plano de elevación frontal vivienda prototipo. ....	121
<b>Figura 62:</b> Plano de elevación lateral vivienda prototipo.....	121
<b>Figura 63:</b> Línea de pobreza extrema, según dominios, 2019-2020.....	124
<b>Figura 64:</b> Línea de pobreza, según dominios, 2019-2020. ....	124
<b>Figura 65:</b> Prueba de Hipótesis (Resistencia a la Erosión).....	133
<b>Figura 66:</b> Prueba de Hipótesis (Durabilidad a la humedad). ....	134



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cuadro de operacionalización de variables. ....	27
<b>Tabla 2:</b> Resistencia a la erosión, criterios de aceptación o rechazo. ....	62
<b>Tabla 3:</b> Cantidad de especímenes a ensayar.....	68
<b>Tabla 4:</b> Análisis de datos – Análisis Granulométrico para la muestra 01. ....	90
<b>Tabla 5:</b> Análisis de datos – Análisis Granulométrico para la muestra 02. ....	91
<b>Tabla 6:</b> Análisis de datos – Análisis Granulométrico de la muestra 03. ....	91
<b>Tabla 7:</b> Análisis de datos - Límites de Consistencia muestra 01. ....	92
<b>Tabla 8:</b> Análisis de datos - Límites de Consistencia muestra 02. ....	93
<b>Tabla 9:</b> Análisis de datos - Límites de Consistencia muestra 03. ....	94
<b>Tabla 10:</b> Análisis de datos - V.D. bloque de Ch'ampa. ....	96
<b>Tabla 11:</b> Análisis de datos - V.D. bloque de Albañilería tradicional. ....	97
<b>Tabla 12:</b> Análisis de datos – V.D. bloque de adobe estabilizado al 5%. ....	98
<b>Tabla 13:</b> Análisis de datos – V.D. bloque de adobe estabilizado al 10%. ....	99
<b>Tabla 14:</b> Análisis de datos – V.D. bloque de adobe estabilizado al 15%. ....	100
<b>Tabla 15:</b> Análisis de datos - Alabeo bloque de Ch'ampa. ....	101
<b>Tabla 16:</b> Análisis de datos - Alabeo bloque de Albañilería tradicional. ....	101
<b>Tabla 17:</b> Análisis de datos - Alabeo Adobe estabilizado al 5 %. ....	102
<b>Tabla 18:</b> Análisis de datos - Alabeo Adobe estabilizado al 10 %. ....	102
<b>Tabla 19:</b> Análisis de datos - Alabeo Adobe estabilizado al 15 %. ....	102
<b>Tabla 20:</b> Análisis de datos - Succión bloque de Ch'ampa. ....	103
<b>Tabla 21:</b> Análisis de datos - Succión bloque de albañilería tradicional. ....	104
<b>Tabla 22:</b> Análisis de datos - Succión adobe estabilizado al 5% ....	104
<b>Tabla 23:</b> Análisis de datos - Adobe estabilizado al 10%. ....	104
<b>Tabla 24:</b> Análisis de datos - Adobe estabilizado al 15%. ....	105



<b>Tabla 25:</b> Análisis de datos - Absorción Bloque de Ch'ampa. ....	106
<b>Tabla 26:</b> Análisis de datos - Absorción Bloque de albañilería tradicional. ....	106
<b>Tabla 27:</b> Análisis de datos - Absorción adobe estabilizado con cemento al 5%.....	106
<b>Tabla 28:</b> Análisis de datos - Absorción adobe estabilizado al 10%.....	107
<b>Tabla 29:</b> Análisis de datos - Absorción adobe estabilizado al 15%.....	107
<b>Tabla 30:</b> Resistencia en relación a la oquedad – SAET.....	108
<b>Tabla 31:</b> Análisis de datos - Erosión Acelerada bloque de Ch'ampa. ....	108
<b>Tabla 32:</b> Análisis de datos - Erosión Acelerada bloque de albañilería tradicional. ...	108
<b>Tabla 33:</b> Análisis de datos - Erosión Acelerada adobe estabilizado al 5%.....	109
<b>Tabla 34:</b> Análisis de datos - Erosión Acelerada adobe estabilizado al 10%.....	109
<b>Tabla 35:</b> Análisis de datos - Erosión Acelerada adobe estabilizado al 15%.....	109
<b>Tabla 36:</b> Análisis de datos – R.C. bloque de Ch'ampa.....	110
<b>Tabla 37:</b> Análisis de datos - R.C. bloque de Albañilería tradicional .....	111
<b>Tabla 38:</b> Análisis de datos - R.C. Adobe estabilizado al 5%. ....	111
<b>Tabla 39:</b> Análisis de datos – R.C. Adobe estabilizado al 10%. ....	111
<b>Tabla 40:</b> Análisis de datos – R.C. Adobe estabilizado al 15%. ....	112
<b>Tabla 41:</b> Comparación de los resultados de granulometría.....	113
<b>Tabla 42:</b> Comparación de resultados de Límites de Atterberg. ....	114
<b>Tabla 43:</b> Resistencia en relación a la oquedad – SAET. ....	118
<b>Tabla 44:</b> Metrado de muros de adobe asentado sogá 0.40x0.25x0.15m .....	122
<b>Tabla 45:</b> volumen de cemento por caso de estabilización.....	123
<b>Tabla 46:</b> Presupuesto referencial de otra alternativa de solución. ....	123
<b>Tabla 47:</b> cantidad de cemento para alternativa final de solución.....	125
<b>Tabla 48:</b> Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 01.....	126
<b>Tabla 49:</b> Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 02.....	127



<b>Tabla 50:</b> Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 03.....	128
<b>Tabla 51:</b> Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 04.....	130
<b>Tabla 52:</b> Acciones para el cumplimiento del objetivo general. ....	131



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**AASTHO** (American Association of State Highway Officials)

**AENOR** (Asociación Española de Normalización y Certificación)

**BTC** (Bloque de Tierra Compactado)

**COEN** (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional)

**f<sub>o</sub>** (Resistencia Última a la Compresión)

**INDECI** (Instituto Nacional de Defensa Civil)

**INEI** (Instituto Nacional de Estadística e informática)

**IRA** (Infecciones respiratorias agudas)

**MVCS** (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento)

**NTP** (Norma Técnica Peruana)

**RNE** (Reglamenta Nacional de Edificaciones)

**PNVR** (Programa Nacional De Vivienda Rural)

**SAET** (School of Architecture and Engineering Technology)

**SENAMHI** (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)

**SUCS** (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

**$\sigma_c$**  (Esfuerzo a Compresión)



## RESUMEN

En la zona de estudio se tiene la gran necesidad de construir viviendas resistentes a los fenómenos naturales que los aqueja, con una inversión relativamente económica al alcance de las familias de bajos recursos económicos, necesidad por la cual se busca mejorar las propiedades físico mecánicas de los elementos de albañilería tradicional, por el cual surge la interrogante; ¿Los bloques de albañilería tradicional estabilizados con cemento tendrán mejores características físico-mecánicas que los bloques de albañilería tradicional (adobe y Ch'ampa)? El presente estudio tiene como objetivo mejorar la resistencia en los bloques de albañilería tradicional comúnmente empleados para la edificación de viviendas rurales, mediante la estabilización con cemento, buscando incrementar significativamente la resistencia, durabilidad y mejorar las características físico mecánicas del adobe. La metodología empleada en el presente estudio es de tipo descriptivo, transversal, prospectivo y analítico, de nivel multivariado, muestreo no probabilístico, por conveniencia. De los resultados obtenidos se distingue el aumento gradual de la resistencia a la compresión de los bloques estabilizados en un 52.44%, 70.05% y 124.99% respectivamente frente a un bloque de albañilería tradicional, siendo la mayor resistencia obtenida 20.29 kg/cm<sup>2</sup>, la reducción de la absorción en un 47.38% frente a un bloque de albañilería tradicional, lo hace ideal para mantener su consistencia y durabilidad. Se concluye que la estabilización del adobe con cemento mejora significativamente sus propiedades físico mecánicas incrementado la resistencia a condiciones de humedad, erosión y compresión.

Palabras Clave: Bloque de tierra compactado, albañilería tradicional, estabilización con cemento, edificaciones rurales, conocimientos empíricos



## ABSTRACT

In the study area there is a great need to build houses resistant to the natural phenomena that afflict them, with a relatively inexpensive investment within the reach of low-income families, a need that seeks to improve the physical-mechanical properties of the traditional masonry elements, for which the question arises: Will the traditional masonry blocks stabilized with cement have better physical-mechanical characteristics than the traditional masonry blocks (adobe and Ch'ampa)? The present study aims to improve the strength of traditional masonry blocks commonly used for the construction of houses, by means of cement stabilization, seeking to significantly increase the strength, durability and improve the physical-mechanical characteristics of adobe. The methodology used in this study is descriptive, cross-sectional, prospective and analytical, multivariate, non-probabilistic sampling by convenience. The results obtained show a gradual increase in the compressive strength of the stabilized blocks by 52.44%, 70.05% and 124.99%, respectively, compared to a traditional masonry block, with the highest strength obtained being 20.29 kg/cm<sup>2</sup>. The reduction of absorption by 47.38% compared to a traditional masonry block makes it ideal for maintaining its consistency and durability. It is concluded that the stabilization of adobe with cement significantly improves its physical and mechanical properties, increasing its resistance to humidity, erosion and compression.

**Key words:** Compacted earth block, traditional masonry, cement stabilization, rural buildings, empirical knowledge.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Las técnicas tradicionales de adobe (bloque secado al sol) y tierra apisonada (paredes hechas de tierra arcillosa y fibra vegetal) son comúnmente utilizadas para la edificación de viviendas rurales y locales sociales en los países del tercer mundo. (Toirac Corral, 2008)

El limitado empleo de bloques de Ch'ampa en la construcción de viviendas por las familias del área de estudio (centro poblado de Ramis, Taraco) optando por materiales de construcción de fabricación altamente contaminante como el ladrillo y cemento genera la incertidumbre de utilizar un material de construcción económico y de fabricación con menor nivel de contaminación ambiental.



**Figura 1:** Viviendas de Ch'ampa inhabitadas.

El reemplazo de las fibras vegetales por cenizas industriales, cemento o cal ha permitido desarrollar formas de edificación con tierras. Con el pasar del tiempo el cemento se ha constituido como uno de los materiales más empleados para la construcción

de edificaciones tanto en zonas urbanas como rurales, sin embargo para las familias de bajos recursos, su elevado costo ha impedido acceder a este material, por lo que optan por construir sus viviendas con material rústico como el adobe conformado con paja, tierra y agua, sin percatarse que están propensos a efectos negativos por los factores ambientales, lo que en el centro poblado de Ramis del distrito de Taraco Provincia Huancané del Departamento de Puno viene aconteciendo.

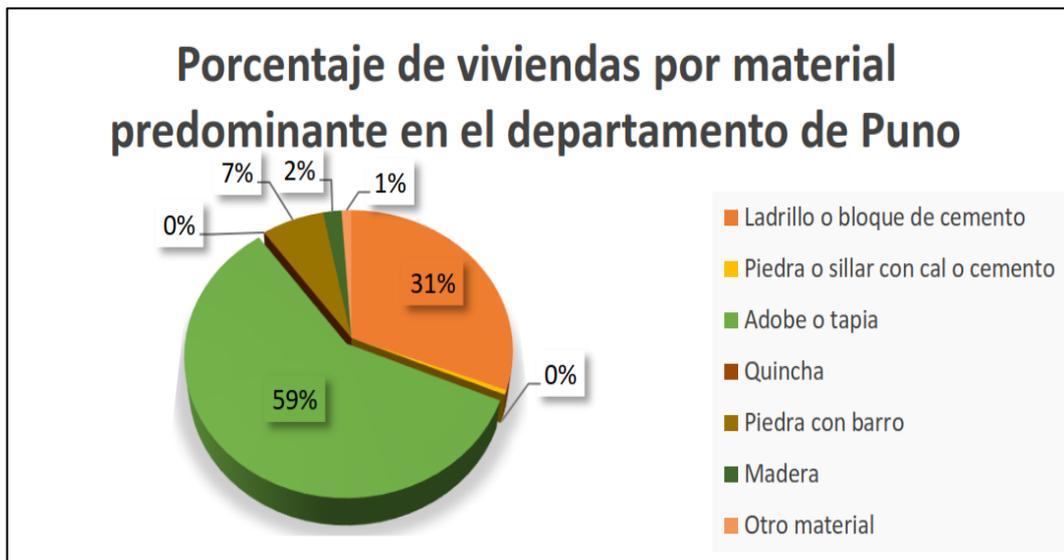


**Figura 2:** Viviendas de adobe tradicional.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática acorde al censo del 2017 se tiene un 59% de viviendas de adobe como material predominante en el departamento de Puno (Fig. 1), cabe indicar dichas construcciones no siguen los criterios estructurales propuestos por la Norma Técnica E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada que comprende la construcción de viviendas con adobe (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017).

Las constantes precipitaciones pluviales en temporadas de lluvia, generan el incremento del caudal del río Ramis provocando inundaciones el cual afecta directamente al adobe debilitando sus propiedades físico mecánicas llegando al límite de causar el

colapso de viviendas construidas con adobe, el cual genera pérdidas económicas y materiales a las familias afectadas.



**Figura 3:** Porcentaje de tipos de vivienda en el departamento de Puno.

*Nota.* Adaptado del Censo INEI, 2017. (Huanca Chambi, 2020)



**Figura 4:** Viviendas colapsadas en el centro poblado Ramis.

*Nota.* Revista ANDINA, 2010.

Según al diario Andina (2010) en el año 2010, en el centro poblado de Ramis - Patascachi, Tuni Grande y Capaccachi del distrito de Taraco, provincia de Huancané, se

suscitó el desborde del río Ramis afectando a 2000 viviendas entre ellas 500 colapsaron, generando pérdidas económicas y materiales.



**Figura 5:** Distrito de Taraco inundado por desborde del río Ramis.

*Nota.* Revista ANDINA, 2010.

En el 2018, el SENAMHI informó: que la inundación por desborde del río Ramis puede afectar a los distritos de Samán y Taraco, perjudicando gran parte de los campos de cultivos y viviendas existentes en esas zonas, informo además que la última amenaza de desborde fue comunicada hace 6 días atrás. En dicha ocasión SENAMHI dio la alerta máxima, registrando el nivel de agua de 5.32 m, alcanzando 0.87 m de su nivel crítico; además de un caudal de 306.84 m<sup>3</sup>/s, representando una irregularidad de más del 41%. De la misma manera a mediados del mes de febrero del mismo año, también se alertó el crecimiento del caudal y nivel del río, con alerta moderada. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2018)

En febrero del 2019, el SENAMHI informó: que a causa de las constantes precipitaciones pluviales que se presentan en las cuencas del altiplano, se registra el aumento del nivel y caudal del Río Ramis, de acuerdo a los reportes registrados en la



estación HLG Puente Ramis a las 20:00 horas con un nivel de agua a 5.02 m, simbolizando un caudal de 297.79m<sup>3</sup>/s y una irregularidad de más del 54%. Indicó también que con incremento se ubica en el pico hidrológico naranja con tendencia a su incremento de acuerdo al pronóstico de precipitaciones pluviales en los próximos días, lo que podría incrementar aún más el nivel del Río Ramis, afectando áreas ribereñas a este sector, en tal sentido, recomendó a las autoridades locales tomar las acciones pertinentes. (SEHAMHI, 2019)

Con los antecedentes sobre los desastres naturales que se presentan en el área de estudio es necesario utilizar soluciones, si bien es cierto tales efectos se pueden contrarrestar con un revestimiento de cemento-arena, un sobrecimiento de concreto, o viviendas de material noble, no todas las familias de bajos recursos económicos tienen las posibilidades de realizar dichas mejoras debido a la cantidad y costo de los materiales, además de la mano de obra calificada que es necesario para realizar dichos trabajos, el presente proyecto busca mejorar la resistencia del adobe ante los fenómenos mencionados anteriormente, incrementando la resistencia a la humedad, erosión y buscar la impermeabilidad sin afectar excesivamente la economía de las familias, debido a que se busca añadir un pequeño porcentaje en volumen de cemento por bloque de adobe que no genere un costo adicional excesivo en su elaboración; el proceso de elaboración sería el mismo que un adobe convencional pudiendo ser elaboradas por las mismas familias; asimismo se busca generar información de la dosificación óptima de materiales por cada bloque de adobe que no genere mayores costos; adicionalmente con el presente proyecto se logrará revalorar el uso del adobe como material resistente y económico, debido a que se ha dejado de lado su uso, al igual que la Ch'ampa que fueron los principales materiales de construcción que trascendieron durante décadas, cabe resaltar que su proceso de



elaboración reduce considerablemente la contaminación medioambiental a comparación de los elementos de albañilería modernos como el ladrillo, las bloquetas y otros.

## **1.2. Justificación de estudio**

### **1.2.1. Justificación técnica**

El presente trabajo de investigación genera la información de un estudio comparativo entre estos tres tipos de elementos de albañilería como son la Ch'ampa, bloque de albañilería tradicional y adobe estabilizado con cemento en un porcentaje determinado, con respecto a sus propiedades físico - mecánicas dándonos una visión clara de las cualidades y deficiencias de cada elemento de albañilería al que se realizara el estudio.

### **1.2.2. Justificación social**

Es relevante realizar estudios de nuevas tecnologías con la finalidad de mejorar la calidad de futuras edificaciones a base de adobe garantizado su duración y resistencia a condiciones extremas de humedad, que repercutirá positivamente en la calidad de vida de los pobladores del centro poblado de Ramis, adicionalmente se genera información sobre la estabilización de adobes con cemento para la población en general, aportando en la formación académica de futuras generaciones de ingenieros.

### **1.2.3. Justificación ambiental**

La producción del adobe estabilizado con cemento reducirá significativamente la contaminación al medio ambiente, debido a que su producción es totalmente ecológica y su secado directamente al sol, así mismo reducirá la demanda del cemento, ladrillo, etc. los cuales tienen una producción altamente contaminante.



### **1.3. Formulación del problema**

¿Los bloques de albañilería tradicional estabilizados con cemento tendrán mejores características físico-mecánicas que los bloques de albañilería tradicional (bloques de adobe y Ch'ampa)?

### **1.4. Hipótesis de la investigación**

- Los bloques de adobe reforzados con un porcentaje de cemento serán significativamente más resistentes a las condiciones extremas de humedad.
- Los bloques de adobe reforzados con un porcentaje de cemento tendrán una durabilidad mayor a las condiciones extremas de humedad.
- Los bloques de adobe reforzados con un porcentaje de cemento tendrán mejores características físicas que el material de construcción tradicional (adobe y Ch'ampa).

### **1.5. Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo General**

Mejorar la resistencia y duración de bloques de adobe con la estabilización de cemento para la edificación de viviendas autoconstruidas por familias de bajos recursos económicos en el centro poblados Ramis, Taraco, Huancané.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar el comportamiento físico – mecánico del material tradicional (adobe y Ch'ampa) utilizados en construcción de viviendas autoconstruidas convencionalmente por familias de bajos recursos económicos en el centro poblado Ramis, Taraco.



- Determinar el comportamiento físico mecánico de los bloques de adobe estabilizado con cemento a condiciones de compresión, erosión y humedad.
- Realizar el análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de los tres elementos estudiados; Ch’ampa, bloque de albañilería tradicional y un adobe estabilizado con cemento.
- Presentar una propuesta de solución al problema de estudio, con el uso de bloques de adobe estabilizado con cemento en la construcción de sus viviendas, al alcance del ingreso económico de familias de bajos recursos económicos.

## 1.6. Definición de variable

### Variable Categórica nominal dicotómica

**Adobe estabilizado con cemento:** Cantidad de cemento empleado para la estabilización de elementos de albañilería tradicional, buscando incrementar la resistencia de los adobes a condiciones extremas de humedad, erosión y compresión.

### Indicador de variable

Volumen de cemento ( $m^3$ )

### Variable numérica de intervalo continuo

**Variabilidad Dimensional:** El porcentaje de variación de las muestras de adobe estabilizado con cemento frente a los de Ch’ampa y bloque de albañilería tradicional.

**Alabeo:** Tipos de alabeo (cóncava o convexa) que puede presentar los bloques de adobe estabilizado con un porcentaje de cemento con respecto al bloque de albañilería tradicional y Ch’ampa.



## Indicadores de variable

Porcentaje de variación de las caras del adobe (%)

Superficies (Cóncavas y Convexas en mm)

### Variable numérica de razón continua

**Succión:** La propiedad que presenta las unidades de adobe estabilizado con un porcentaje de cemento, bloque de albañilería tradicional y Ch'ampa, para succionar una cantidad de agua por área determinada.

**Absorción:** La propiedad que presenta las unidades de adobe estabilizado con un porcentaje de cemento, bloque de albañilería tradicional y Ch'ampa, para absorber un porcentaje determinado de agua.

**Erosión acelerada (SAET):** La propiedad de resistencia que presentan los bloques de adobe estabilizado con cemento, bloque de albañilería tradicional y Ch'ampa, frente al golpe de agua a chorro constante a una determinada inclinación y altura de caída.

**Resistencia a la compresión:** Propiedad que presenta los bloques de adobe estabilizado con un porcentaje de cemento, bloque de albañilería tradicional y Ch'ampa sometidos a un esfuerzo de compresión.

### Indicadores de variables dependientes

- a. Peso/tiempo/área (gr/min/200 cm<sup>2</sup>)
- b. Porcentaje de absorción de agua por unidad de adobe (%)
- c. Nivel de resistencia (Alto, medio, bajo y nulo)
- d. Kilogramos-fuerza por área (kg/cm<sup>2</sup>)

### 1.6.1. Cuadro de operacionalización de variables

**Tabla 1:** Cuadro de operacionalización de variables.

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE CATEGÓRICA NOMINAL DICOTÓMICA					
CÓDIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR		
X1	ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO	Volumen de cemento que será añadido en bloques de adobe	TIPO: Cemento (Portland TIPO I)  Volumen de cemento	Formatos de Observación y/o laboratorio	
VARIABLE NUMÉRICA DE INTERVALO CONTINUA					
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	
Y1	VARIABILIDAD DIMENSIONAL	Porcentaje de variación de las muestras de adobe estabilizado con cemento frente a los bloques de Ch'ampa y albañilería tradicional	Propiedad Física	Porcentaje de variación de las caras del adobe (%)	Formatos de Observación y/o laboratorio
Y2	ALABEO	Tipo de alabeo (cóncava o convexa) que presenta el adobe estabilizado con un porcentaje de cemento con respecto al bloque de albañilería tradicional y Ch'ampa.	Propiedad Física	Superficies - Superficie Cóncavas (mm) - Superficie Convexas (mm)	Formatos de Observación y/o laboratorio
VARIABLE NUMÉRICA DE RAZON CONTINUA					
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENTO
Y3	SUCCIÓN	La propiedad que presenta las unidades de albañilería para succionar una cantidad de agua por área determinada.	Propiedad Mecánica	Peso/tiempo/área (gr/mini/200 cm2)	Formatos de Observación y/o laboratorio
Y4	ABSORCIÓN	La propiedad que presenta las unidades de albañilería para absorber un porcentaje determinado de agua.	Propiedad Mecánica	Porcentaje de absorción de agua por unidad de adobe (%)	Formatos de Observación y/o laboratorio
Y5	EROSIÓN ACELERADA (SAET)	Propiedad que presentan las unidades de albañilería frente al golpe de agua a chorro constante a una determinada inclinación y altura de caída.	Propiedad Mecánica	Nivel de resistencia (Alto, medio, bajo y nulo)	Formatos de Observación y/o laboratorio
Y6	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Propiedad que presentan las unidades de albañilería sometidos a un esfuerzo de compresión.	Propiedad Mecánica	Kilogramos-fuerza por área (kg/cm2)	Formatos de Observación y/o laboratorio



## 1.7. Limitaciones de la investigación

Limitación de unidades de bloques de albañilería tradicional elaboradas en el Centro Poblado Ramis, a razón de la pandemia del COVID-19 los pobladores del centro poblado de Ramis temen el contagio, limitando las visitas del tesista.

Limitación de unidades de adobe estabilizado con cemento en porcentajes de 5%, 10% y 15% elaborados en el centro Poblado Ramis, a razón de la pandemia del COVID-19 los pobladores del centro poblado de Ramis temen el contagio, limitando las visitas del tesista.

Limitación de extracción de unidades de Ch'ampa en el centro Poblado de Ramis debido al aumento de la agricultura en la zona de estudio, a razón de la pandemia del COVID-19 los pobladores del centro poblado de Ramis temen el contagio, limitando las visitas del tesista.

Limitación a las unidades de adobes en las dimensiones 32x16x8 cm, teniendo en cuenta que un bloque de mayor dimensión tiene mayor peso dificultando su transporte.

Limitación de acceso a la zona de estudio debido a la pandemia que se viene atravesando por el COVID-19.

Limitación al secado total de las unidades de adobes moldeados, debido a la temporada de lluvias en la que nos encontramos obstaculizando el secado al sol de nuestras muestras.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

Actualmente se cuenta con una diversidad de investigaciones realizadas para mejorar los materiales de construcción con cemento. El objetivo, es dotar de mayor información generada a base de estudios e investigaciones aprovechando como herramienta de apoyo, para realizar los trabajos de investigación que se deseen efectuar, recomendando el uso del adobe mediante procedimientos de mayor satisfacción optimizando recursos naturales en su fabricación y empleo en la edificación de viviendas.

En el área de estudio se realizó variedad de investigaciones sobre la Ch'ampa como material ancestral de construcción de viviendas denominadas Putucos, los cuales serán de apoyo bibliográfico para la ejecución de la presente investigación con un fin comparativo de los materiales propuestos.

#### **Antecedentes Internacionales**

En su investigación de Cabrera & González, (2021) proponen 2 alternativas adicionales de análisis de resultados (pérdida de masa y comparación de los patrones de la norma) a los diferentes métodos propuestos por las normativas internacionales para la evaluación de la resistencia en los bloques de tierra comprimido (BTC) expuestos a la intemperie y erosión húmeda, analizando la erosión de sus superficies, de los análisis realizados concluyeron que el método de pérdida de masa no cumple con evaluar los ensayos y métodos propuestos por la norma, por otra parte el método de comparación de patrones, solo aplica para



analizar la resistencia a la erosión húmeda mediante la pulverización con agua a presión. (p. 49)

Sotomayor Quintana, (2018) en su investigación plantea analizar las virtudes y limitaciones del adobe como material de construcción, para lo cual tiene como objetivo proporcionar el proceso constructivo y diseño para una vivienda de albañilería tradicional en Cauquenes, adicionalmente como objetivos específicos plantea recuperar el uso de bloques de adobe como un estilo de construcción sostenible y hacer de conocimiento que el acceso a este tipo de material de construcción está al alcance de la zona de Cauquenes. Como parte de su análisis afirma que el empleo de bloques de adobe para la construcción es un método que trascendió décadas atrás el cual con el pasar del tiempo viene perdiendo su práctica en la construcción siendo sustituido por nuevos materiales que son fabricados causando contaminación ambiental. De sus resultados obtenidos y basado en sus estudios concluye que los bloques de adobe contienen las características necesarias para ser utilizados como material de construcción y a su vez volver a la práctica de uso de este tipo de material de construcción. (p. i-ii)

Toirac Corral, (2008) en su investigación propone utilizar la técnica suelo cemento como material de construcción para la edificación de viviendas y otros mediante un estudio descriptivo, mediante los métodos y estudios realizados llega a la conclusión que es factible usar la técnica suelo cemento para la producción de diversos tipos de elementos de albañilería dirigido a la construcción de viviendas y de acceso a poblaciones de medianos y bajos recursos económicos, reduciendo la falta de viviendas de estos grupos de población (p. 570).



En su investigación Morales Morales, (1997) afirma que el suelo, es la materia prima de mayor uso en la edificación de viviendas económicas en el mundo, ante la necesidad de contar con una vivienda los ingenieros vuelven a enfocar su atención en las ventajas del uso del suelo, resaltando que en la mayoría de casos nuestra materia prima se encuentra cercana a la construcción economizando el transporte de materiales.

El bloque de adobe es un material que ha sido utilizado en diferentes partes del mundo desde la antigüedad, y su uso se ha transmitido de generación en generación que continúa hasta el día de hoy. Muchos países continúan usando Adobe, utilizando diferentes métodos según la región. Con la evolución de la humanidad, se ha logrado por mejorar la calidad de vida, y uno de los factores para lograrlo es la mejora de sus viviendas, que no solo es uno de los factores más importantes, si no el más importante. Ayuda a resistir los fenómenos naturales que pueden afectarlo a medida que se desarrolla. Desafortunadamente, la construcción de bloques secados al sol de varias maneras siempre se ha utilizado sin una base para las especificaciones técnicas, esto ocasionó serios problemas debido a su frágil comportamiento en los terremotos. Una de las principales causas de pérdidas de vidas en el mundo ha sido por fallas en edificios de este tipo. Hace de conocimiento que uno de los terremotos de mayor intensidad se registró en Guatemala en el año 1976, teniendo consecuencias devastadoras con aproximadamente más de 25,000 personas fallecidas y 250,000 viviendas de tierra colapsadas, teniendo este referente propone recomendaciones básicas de diseño, fabricación de materiales y edificación de viviendas segura y eficiente a base de bloques de adobe, adicionalmente propone una vivienda prototipo como ejemplo



de uso de las diferentes técnicas obteniendo como resultados viviendas confortables, seguras y económicas. (p. i)

### **Antecedentes Nacionales**

Según la investigación La Torre Palacios & Soriano Rodriguez, (2021) es sumamente necesario revalorar los conocimientos de nuestros antepasado, los mismos que aportan significativamente en la Ingeniería Civil de nuestra patria, hay muchas razones para mejorar las construcciones de viviendas en los sectores altoandinas, los pobladores de dichas zonas sufren el friaje, enfermedades como la IRA (Infecciones respiratorias agudas) incluso la mortandad de niños y ancianos, puesto que sus viviendas son construidas rústicamente con materiales frígidos como piedras y otros, por lo que es necesario retomar otras alternativas como Ch'ampas, adobes estabilizados, etc. Con lo que se contribuye a la arquitectura vernacular y sostenible. La extracción y elaboración de dichos materiales no demanda mayores gastos económicos, es más poseen propiedades térmicas y naturales en su estructura física, como objetivo para esta investigación propuso determinar la Ch'ampa como una técnica alternativa de edificación para viviendas alto andinas en el distrito de Quiruvilca, centro poblado Shorey chico. Uso una investigación de tipo aplicada, de diseño interpretativo de enfoque cualitativo, como técnica uso la entrevista, con uso de cuestionarios, fichas de análisis y con resultados validados y procesados por SPSS VS25. De los resultados caracterizó a la Ch'ampa como un material versátil, con propiedades térmicas, de fácil extracción mediante mano de obra colectiva no calificada, en su proceso constructivo no emplea el agua, formando parte de edificaciones



ancestrales ideal para la construcción de viviendas altoandinas sostenibles, confortables y seguras.

Según Vitulas Quille, (2021) actualmente existen actualmente ya existen estudios sobre la tipología de construcción ancestral llamada “Los Putucos” de Ramis, cuyas construcciones son buenos ejemplos, antecedentes medioambientales y hechos concretos en la región de Puno. Asimismo señala datos valiosos sobre los materiales como el contenidos de las raíces que se entrelazan en el bloque, tienen propiedades plásticas que dan mayor estabilidad y amortiguamiento a las viviendas, a diferencia de otros materiales como el adobe, ladrillo y concreto que son rígidos, como objetivo plantea asociar las características físicas - mecánicas con el empleo en construcciones de Putucos en Taraco y Samán (Puno), comparando resultados con el tapial y adobe, materiales ancestrales. La metodología empleada fue experimental de nivel descriptivo-relacional, con un muestreo no probabilístico con diseño de incidencia cuantitativa, prospectiva, transversal y observacional. Obtuvo resultados como el coeficiente de permeabilidad aproximado a  $8 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$  haciéndolo prácticamente impermeable,  $0.25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  de coeficiente de conductividad térmica ideal para conservar el calor y resistir altibajos de climas extremos, su esfuerzo a compresión  $\sigma_c = 5.28 \text{ kg/cm}^2$  está por debajo del 50% de la norma E-080 - Adobe, con un esfuerzo de flexión  $\sigma_f = 6.25 \text{ kg/cm}^2$ , sumado al contenido de raíces del 10% que se entrelazan entre bloques y su propiedades plásticas, le dan una mejor estabilidad, en comparación con otros tipo de materiales como el tapial, BTC, adobe, quincha e incluso los ladrillos y concreto. (p. xiv)



En su investigación Huanca Chambi, (2020) tiene como objetivo obtener el nivel de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe con dos pisos de nivel existentes en el distrito de Ayaviri, como metodología de su investigación utilizo la evaluación de campo de las edificaciones de adobe con dos niveles, determinando la tipología arquitectónica y sus características estructurales, con una muestra de 30 viviendas, edificadas en la ciudad de Ayaviri, Melgar - Puno, determinando que 73% de las edificaciones poseen una vulnerabilidad alta y el 27% vulnerabilidad muy alta. De la evaluación estructural, por carga vertical, carga horizontal y la densidad de los muros a sismo moderado y severo verificó que están expuestos a daños en sus componentes estructurales y colapso de las mismas, concluyendo que es menester implementar la ejecución de técnicas de reforzamiento estructural para viviendas de adobes sobre todo el de dos niveles, obviamente para reducir el riesgo de colapso de este tipo de edificaciones. (p. 12)

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) en su investigación tienen como objetivo implementar nuevas técnicas para incrementar la calidad de bloques de adobe que garantice la funcionalidad de las unidades de albañilería a un bajo costo de elaboración en la región Cusco, como metodología uso el análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas de los bloques de albañilería tradicional frente a los bloques estabilizados con asfalto, de acuerdo a los resultados se pudo observar que incrementos favorables en los bloques estabilizados frente a los bloques convencionales, comprobando que poseen mejores propiedades físico mecánicas y una mayor resistencia al contacto con el agua, demostraciones realizadas a base de ensayos y prueba contemplados en las Normas vigentes. (p. iii)



En su investigación Mamani Condori, (2017) denominado “prototipo de vivienda con adobe mejorado en el distrito de chupa - Azángaro” tiene como objetivo realizar una evaluación de las construcciones existentes para determinar una vivienda prototipo de adobe mejorado en el distrito de Chupa provincia de Azángaro – Puno, para el desarrollo de su investigación utilizo diversas técnicas y métodos de diseño con la finalidad de afiliar la vivienda de adobe y la cultura de la zona de estudio, para lograr una coexistencia con un equilibrio ambiental, sin perder de vista la respuesta arquitectónica sostenible que contribuya en el desarrollo humano del distrito de Chupa, región y del país. Concluye considerando que su investigación contribuirá a la revaloración del adobe como material de construcción milenario empleado en nuestra región de Puno. (p. 16)

Salinas Valdéz, (2017) en su trabajo de investigación propuso como objetivo establecer las condiciones actuales de la tecnología de construcción empleando material prima como el suelo, identificar sus especificaciones técnicas en construcciones reforzadas económicas al alcance de la población rural en nuestro país. Como metodología utilizo el análisis comparativo desarrollando pruebas y métodos, incrementando arena y paja para finalmente concluir que los suelos más apropiados para la elaboración de adobes son aquellos que contienen arcilla en un 15% al 50% el resto limo y arena, de igual manera para el tapial un porcentaje del 50 al 75% de arena y el resto de limo y arcilla. (p. 122)

La investigación (Moreno Huarac, 2019) tiene como objetivo principal estimar las propiedades físicas - mecánicas de los bloques de adobe incorporado con tiras de caucho respecto a los bloques de adobe elaborados de forma normal en el distrito de San Sebastián - Cusco. Como metodología realizo ensayos de control

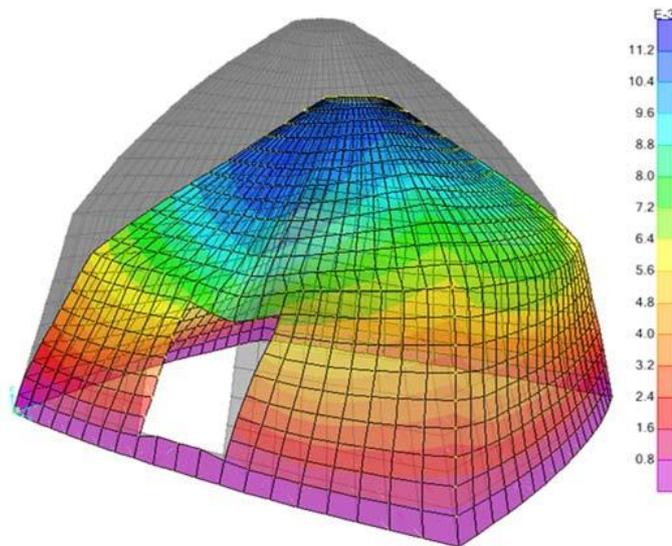
con la finalidad de diferenciar las características de los materiales utilizados realizando específicamente los ensayos de granulometría, prueba de botella y ensayos de los límites de consistencia, por otra parte se realizó ensayos y pruebas para determinar las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe y unidades de adobe incorporadas con caucho, logrando así determinar que los bloques de adobe incorporados con caucho tienen mejores características físico mecánicas respecto a los bloques de albañilería tradicional. (p. 4)

En su artículo científico Vitulas Quille, (2015) afirma que los Putucos tienden a equilibrarse de acuerdo a su sistema estructural por compresión, observando que las aristas sufren reducidos esfuerzos, demostrando que existen conocimientos intuitivos en la edificación de Putucos totalmente eficientes; indica la necesidad de rescatar los procedimientos empleados por los pobladores del altiplano puneño asimismo se tiene una solución estructural similar a construcciones a nivel de nuestro planeta tierra. Con ayuda de modelos matemáticos y sus estudios realizados a los materiales de construcción, realiza aproximaciones relativamente exactas de la conducta que adoptan los sistemas estructurales de los Putucos tal como podemos ver en la figura 6. (p. 9)



**Figura 6:** Deformación de Putuco.

*Nota.* Se muestra las deformaciones del Putuco (Vitulas Quille, 2015).



**Figura 7:** Deformaciones en modelo matemático.

*Nota.* Se muestra las deformaciones en modelo matemático (Vitulas Quille, 2015).

La investigación de Cotrina Mendoza y otros, (2014) tiene como objetivo realizar una comparación de los bloques de adobe con paja y boques sin la incorporación de paja, en la resistencia a la compresión determinando su deformación, el esfuerzo, módulo de Polisión y módulo de Young. Como metodología realizo una comparación experimental de la resistencia de ambos elaborados con el material predominante del distrito de Cruz Blanca – Cajamarca, obtuvo resultados logrando determinar que los bloques de adobe con paja son más resistentes, que los bloques fabricados sin paja, por lo que afirma que este material de construcción es recomendable su uso en edificaciones de este tipo. De sus resultados obtenidos afirma Aun 87% de confiabilidad que los bloques sin paja son menos resistentes, y aun 97% de confiabilidad los bloques de adobe incorporado con paja tienen mayor resistencia y mejor estabilidad frente a los adobes elaborados sin la adición de la paja. (p. 15).



## 2.2. Marco teórico

### Adobe Tradicional

Según Callasi y Romero, (2017) “define al adobe tradicional como un bloque solido de tierra incorporado con paja elaborada de forma artesanal, generalmente sin el debido control de calidad en cuanto a insumos, diseño de mezclas, dimensiones y propiedades resistentes” (p. 15)

De acuerdo a De La Peña Estrada, (1997) el adobe es una palabra con varios significados, el primero y más común es "ladrillo de lodo secado al sol", el segundo, "formación de lodo", y el tercero es simplemente "ladrillos de lodo". El término de adobe viene del egipcio "thobe" (ladrillo) traducido en árabe "ottob", convertida "adobe" en español y algunas veces llamado "toub" en francés.

Una de las grandes ventajas del adobe es la flexibilidad en sus modos de producción y su simplicidad de puesta en obra.

Los ladrillos de adobe, quizá son el material manufacturado artesanalmente más antiguo en el área de la construcción, la palabra por sí misma es española, pero proviene de varias palabras del árabe que significan: mezclar o uso sin asperezas. (p. 22)

#### 2.2.1. Adobe Estabilizado

Según la norma E – 080 – Adobe (RNE, 2016) se define “como adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad” (p. 311)



### 2.2.2. Propiedades del Adobe

Según Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) indican: El adobe tiene propiedades muy buenas para la construcción desde el punto de vista del confort, ya que posee buenas propiedades térmicas y acústicas. Siendo una de las propiedades del adobe su inercia térmica, que se caracteriza por su lentitud para calentarse y enfriarse, las viviendas de adobe resultan abrigadoras durante las noches debido a que en ese periodo los muros van restituyendo por radiación el calor acumulado durante el día; inversamente permanecen frescas durante el día, periodo en el cual los muros almacenan calor. Esta característica reduce la necesidad de consumir energía para calentar o enfriar los ambientes y, adecuadamente utilizada, hace posible diseñar ambientes confortables y saludables. (p. 15)

### 2.2.3. Componentes del adobe

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) afirman: El adobe es una mezcla a base de suelo con un contenido balanceado de materiales finos (fundamentalmente arcilla) y de materiales gruesos (fundamentalmente arena), así como de agua. Esta mezcla nos va permitir la elaboración del adobe comúnmente llamado “adobe tradicional” Una de las variables que más influye en las propiedades del adobe es la relación arcilla/arena, pues si no existe suficiente arcilla, la mezcla de suelo con el resto de los componentes, incluyendo el agua no será suficientemente fuerte como para lograr la consistencia necesaria que debe presentar el adobe para soportar las acciones a las que estará sometido, si por el contrario no hay suficiente arena, la unidad de adobe se fisura por retracción durante el proceso de secado. La arcilla, actúa como aglomerante manteniendo unida la masa, mientras que la arena



sirve de esqueleto interno de la masa. Es por eso que la combinación óptima entre ambos constituyentes influye en un mejor comportamiento del material. (p. 16)

la Norma E – 080 – Adobe (RNE, 2006) indica que “la gradación del suelo apto para la elaboración de adobes debe aproximarse a los siguientes porcentajes en su composición: arcilla 10-20%, limo 15-25%, arena 55-70%”. (p. 311)

#### **2.2.4. Selección de suelo**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) afirman que la elaboración de los bloques de adobe con buena calidad involucra realizar como primer paso una adecuada elección del suelo como materia prima, para tal objetivo existen un conjunto de pruebas de campo y ensayos de laboratorio, el segundo puede darnos una seguridad mayor en relación al suelo seleccionado, orientando el proceso de fabricación de los bloques de adobe, con la desventaja que resultan costosos y en algunos casos de difícil acceso por la distancia a la que se encuentran las canteras, por lo que su aplicación solamente será justificado económicamente para obra grandes, limitando a escoger el material a emplear en la zona de necesidad de edificar con bloques de adobe, seleccionado un suelo que cuente con las proporciones de contenido de arena y arcilla adecuadas, siendo estos lo principales factores que influyen en la capacidad de resistencia de los bloques. (p. 17)

Generalmente en concordancia con el Sistema Unificado de Suelos (SUCS), puede aceptarse como suelos aptos aquellos suelos cuyo porcentaje de arenas varíe de 55 a 75% (retenidos en la malla #200) y finos en un porcentaje de 25 a 45% (limos y arcillas) por lo que en ningún caso se aceptarán muestras de suelos con porcentaje de arcillas mayor al 18%, un contenido mayor de arcilla



puede producir cambios volumétricos indeseables en los adobes. Sobre este apartado, la norma E – 080 Adobe (RNE, 2006) recomienda que la gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: Arcilla 10 - 20%, Limos 15 - 25% y arena 55 - 70%, los rangos indicados podrían variar para los adobes estabilizados; en cuanto a los límites de Atterberg, es recomendable que el límite líquido varíe entre 20 y 40 ya que, por debajo de 20 se trata de suelos no cohesivos, y por encima de 40 el comportamiento del suelo es deficiente ante la humedad, es recomendable que el índice plástico sea menor a 20.

Adicionalmente es importante evitar el contenido de materia orgánica en el suelo seleccionado para la elaboración de bloques de adobe, debido a que esto incrementa en gran medida la reducción de las medidas en los bloques de adobes reduciendo su resistencia al generar vacíos al producirse la descomposición de estos. En diferentes oportunidades se necesita el uso como canteras, los terrenos de cultivo corriendo el riesgo de la presencia de materia orgánica, por lo que, en caso del uso de estos terrenos, se deberá realizar la limpieza de la capa superior a fin de retirar toda la materia orgánica, empleando capas de suelo de mayor profundidad para la elaboración de bloques de adobe como mínimo a 70 cm de la superficie. (p. 18)

## **Selección de Material**

### **2.2.4.1. Suelos Apropriados**

La Norma E – 080 Adobe (RNE, 2006) recomienda que “la tierra para fabricar adobes debe estar formada por 15% a 25% de limos y 10 % a 20% arcilla y 55% a 70 % de arena, la tierra no debe ser de cultivo”. (p. 311)



### **2.2.5. Pruebas de selección**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) Son los ensayos cuyos resultados nos dará a conocer la calidad de la tierra analizada y si es apropiada para la fabricación de adobes. Una vez seleccionada la cantera o lugar de extracción de la materia prima para la elaboración de los adobes, mediante los ensayos que a continuación se indican, se recomienda elaborar inicialmente muestras de prueba que nos ayuden a determinar los controles de calidad respectivos antes de proceder a la producción masiva de adobes. (p. 19).

#### **2.2.5.1. Prueba granulométrica (prueba de la botella)**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) Se realiza para obtener las proporciones de los principales componentes (arcillas, limos y arena) de la tierra, para ello emplearemos los siguientes pasos:

- rellenar una botella de vidrio de un litro de capacidad con material (suelo) hasta la mitad de su altura.
- Añadir agua limpia hasta llenar la botella.
- Agitar la botella hasta lograr la suspensión de todas las partículas de tierra totalmente.
- Reposar la botella esperando el asentamiento de las partículas de tierra en el fondo de la botella durante algunas horas.
- Finalmente, pasado un tiempo de asentamiento procedemos a medir las capas para determinar las proporciones de limos con arcilla y la arena, recomendando que las cantidades de arena deba variar entre el 1.5 a 3 veces la cantidad de arcillas y limos. (p. 19-20)

### 2.2.5.2. Prueba “cinta de Barro”

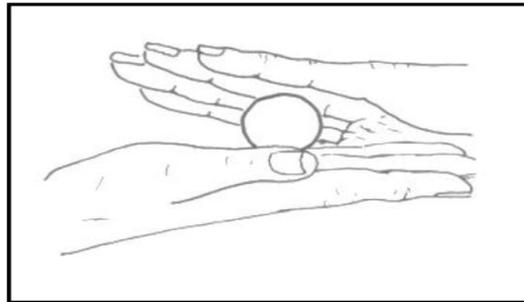
Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) a fin de determinar la existencia de arcilla en una muestra se realiza la prueba de “cinta de Barro” durante un tiempo de 10 minutos. Usando una muestra de barro a una humedad que permita elaborar un rollo de 12 mm de diámetro, con uso de las manos aplastar gradualmente entre los dedos pulgar e índice, para formar una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que alcance. Si esta cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo tiene alto contenido de arcillas, si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla. (p. 20)

### 2.2.5.3. Prueba “Presencia de arcilla” o “resistencia seca”

La Norma Técnica Peruana E-80 Diseño y construcción con tierra reforzada (RNE, 2017) Para realizar la prueba se tiene que tener en cuenta el siguiente procedimiento a seguir tal como se indica:

- Formar cuatro esferas con el suelo de la zona. Usando agua en mínima cantidad y suelo suponiendo es el apropiado para ser utilizada como material de construcción se procede a amasarla en una cantidad necesaria para elaborar 4 esferas del barro.
- sobre las palmas de las manos se moldea cada una de las esferas, sin ocasionar deformaciones a simple vista en cada una de ellas.
- Dejar secar las cuatro esferas por 48 horas, asegurándose de que no se humedezcan o mojen por agua, etc.
- aplastar las cuatro esferas secas, una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe hacer presión fuertemente en cada una de las esferas de barro con los dedos pulgar e índice de una misma mano. (figura 9)

- En caso que alguna esfera presente fractura, agrietamiento o cualquier desperfecto se debe repetir el procedimiento con los mismos materiales utilizados en el anterior ensayo.



**Figura 8:** moldeo de bolitas de barro.

*Nota.* Norma E-080 Diseño y construcción con tierra reforzada (RNE, 2017).

La prueba debe ser realizada por un encargado o persona que participe en la construcción o actividad. Si después de ser repetida la prueba se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se desecha la cantera de suelo donde se obtuvo la muestra de tierra. A excepción que se pueda realizar el mezclado con suelos arcillosos o muy arcillosos, caso contrario si se observa que no hay ninguna falla en las cuatro esferas de barro la cantera podrá ser usada para la elaboración de bloques de construcción. (p. 20)



**Figura 9:** Prueba de la resistencia seca

*Nota.* Norma E-080 Diseño y construcción con tierra reforzada (RNE, 2017).



#### 2.2.5.4. Límite líquido

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) define al límite líquido como el contenido de humedad por debajo del cual el suelo actúa como un material plástico, A este nivel la cantidad de la humedad en el suelo se encuentra en el vértice de cambio de su comportamiento a flujo viscoso, es decir que el límite líquido es la frontera entre el estado plástico y el estado semilíquido.

Este ensayo consiste en colocar la mezcla del material y agua en la cuchara de casa grande, separada en dos por la acción de una herramienta (ranurador) para hacer una ranura-patrón, dejando golpear verticalmente desde una altura de un centímetro, 25 veces logrando el cierre de la ranura de 12 mm aproximadamente. Siendo así el límite líquido el contenido de agua al que ocurre el cierre de la ranura a los 25 golpes.

#### **Equipo**

- Aparato de límite líquido (Cuchara de Casagrande).
- Acanalador o Ranurador
- Espátula
- Tarros de bronce
- Horno, tamiz N° 40, pipeta.
- Balanza: Con una precisión de 0.01 (g)

#### **Procedimiento**

- Mediante pulverización a una cierta cantidad suficiente de suelo secado al aire, se obtiene una muestra representativa del material pasante a través del tamiz N°40 de alrededor de 250 gramos.



- A continuación, se debe verificar la altura del equipo de límite líquido para ello se emplea la cabeza del ranurador en forma de dado.
- En un recipiente se añade una pequeña cantidad de agua y suelo mezclando cuidadosamente hasta obtener un color uniforme.
- Obtenido una mezcla uniforme y se encuentre en un estado de consistencia pegajosa, se procede a realizar la prueba procurando no pasar de los 40 golpes para cerrar los 12 mm de división del material. De pasar más de los 40 golpes se añade mayor cantidad de material a la mezcla material, caso contrario si cierra antes de los 38 golpes se añade una cantidad mayor de agua mediante la pipeta.
- Para realizar el ensayo se tiene que tener en cuenta estar dentro de un rango de 10 golpes como mínimo y 40 como máximo para el cierre de la ranura en la muestra. Se recomienda comenzar desde los 40 golpes para añadir agua a la mezcla facilitando el proceso hasta llegar a los 10 golpes. Se sostiene la cuchara Casagrande y con la ayuda de la espátula se esparce el material, sobre el equipo de Casagrande nivelándolo hasta el borde de la cuchara.
- La división se realiza con un trazo firme mediante el acanalador a lo largo del diámetro de la cuchara, formando un surco bien definido y claro.
- A una velocidad de 2 golpe por segundo, se cuenta el número de golpes necesarios para cerrar la abertura enrasada con el acanalador de 12 mm. De no cerrar la ranura en un intervalo de 35 a 40 golpes se mezcla con agua y se vuelve a realizar el procedimiento.
- Al finalizar el ensayo se retira el material de la cuchara de Casagrande colocándolo en un tarro posterior a su registro de su peso.



- Se vuelve a realizar la mezcla para volver a realizar todo el procedimiento de acuerdo a lo explicado en los párrafos anteriores.
- Se repite nuevamente el ensayo 03 veces más, el primero con un número de 24 a 26 golpes (ideal lograr a 25 golpes), el segundo ensayo entre 15 y 20 golpes y finalmente el tercer ensayo de 10 y 15 golpes. Con lo que se realizaran un total de cinco ensayos.
- Finalmente, con los datos obtenidos se plasma la gráfica de contenido de humedad contra número de golpes resultante de los ensayos, en un papel semi logarítmico. (p. 22-24)

#### **2.2.5.5. Limite plástico**

Siavichay & Narváez M, (2010) define al límite plástico como el contenido de humedad por debajo del cual se puede estimar la tierra como material no plástico, interpretado como la frontera entre el estado semisólido y plástico. Se realiza de la muestra obtenida del ensayo de límite líquido a los 25 golpes, procediendo a moldear pequeñas esferas con diámetros de 2 a 3 cm, enrollándose en forma de pequeños cilindros sobre una superficie de papel, hasta lograr alcanzar una consistencia que no se adhiera a las manos y a su vez presenten fisuras sin que se fragmenten. (p. 65-66).

#### **Equipo**

- Horno
- Balanza con precisión de 0.01 (g)
- Pipeta
- Espátula, tarros de bronce



### **Procedimiento**

- Se procede a dividir cuatro pedazos de la muestra del límite líquido a los 25 golpes para poder elaborar pequeñas esferas con diámetros aproximados de 3 cm, de cada esfera se moldea con la palma de la mano rollitos sobre una superficie lisa puede ser papel periódico, en este proceso la humedad se evapora por la fricción que se realiza con las manos, razón por la que los rollitos cada vez se hacen más rígidos.
- Los rollitos deben ser moldeados hasta alcanzar un diámetro de 3 mm aproximadamente, el límite plástico se alcanza cuando los rollitos empiezan a agrietarse o fracturarse en varias piezas, al continuar siendo rodados, usualmente se produce pequeñas fisuras.
- Se colocan las muestras en taras registrándose su peso, para luego ser llevada al horno por un tiempo de 24 horas, finalmente se pesa las muestras secas registrándose y determinándose los contenidos de humedad por ende el límite de plasticidad correspondiente. (p. 65-66)

#### **2.2.5.6. Índice de plasticidad**

Siavichay & Narváz M, (2010) propiedad de los materiales, de resistencia a la reformación rápida, sin presentar ningún rebote elástico, ni sufrir cambio de volumen, Permite caracterizar la reacción del suelo con la presencia de agua, definiéndose como la semejanza de agua necesaria para que el suelo obtenga consistencia líquida o plástica, en resumen, es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Formula:  $IP = LL - LP$



En donde:

LL = limite líquido

LP = limite plástico

IP = índice de plasticidad

Cuando más elevado sea el índice de plasticidad del suelo, mayor será la variación volumétrica al contacto del agua, expandiendo su volumen al contacto con la humedad, una vez obtenido los valores correspondientes al índice de plasticidad, limite líquido y limite plástico se clasifican de forma ordenada de acuerdo a los sistemas de clasificación de suelos (SUCS y AASTHO). (p. 68)

#### **2.2.5.7. Grado de Consistencia**

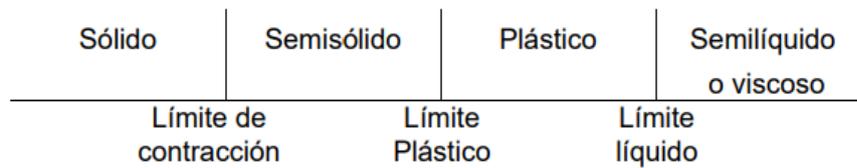
Jimenez Salas & De Justo Alpañes, (1975) Es la capacidad de mantener solida un cuerpo sin desintegrarse es decir mantiene su estabilidad, en la mecánica de suelos, es únicamente utilizado para los suelos de naturaleza fina variando de acuerdo al contenido de humedad y su mineralogía, fluyen sin romperse.

El contenido de humedad que produce la variación entre los estados, se debe al tipo de suelo y en mecánica de suelos es muy importante conocer el rango de humedad a la cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir acepta deformaciones sin fracturarse.

Atterberg desarrolló un método usando diferentes grados de humedad, afirma que: para bajos contenidos de humedad, el suelo adopta un comportamiento sólido; y para altos contenidos de humedad el suelo húmedo fluye como un líquido. (p. 71)



### Estados de consistencia



#### 2.2.5.8. Granulometría

Siavichay & Narváez M., (2010) El análisis granulométrico es el intento de calcular las proporciones y cantidades de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo muestreada.

El análisis granulométrico asocia a los materiales por rangos de tamaño de las partículas, para lo cual en suelos de grano grueso se tiene que se realiza un proceso de tamizado en una serie de tamices de diferentes tamaños ordenados verticalmente de acuerdo al tamaño de la abertura de cada tamiz de mayor a menor, las mismas que definirán los tamaños máximo y mínimo de las partículas analizadas, para suelos finos se realiza mediante el proceso de sedimentación en agua denominado análisis granulométrico por vía húmeda. (p. 56)

#### **Equipo**

- Juego de tamices
- Tapa del juego de tamices
- Fondo del juego de tamices
- Balanza digital
- Recipientes
- Cepillo de acero



## 2.2.6. Fabricación de Adobe

### 2.2.6.1. Dimensionamiento de adobe

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) Para este apartado se debe tomar en cuenta las siguientes pautas:

- La longitud del bloque de adobe no debe superar el doble de su ancho más el espesor de una junta de asentado, de igual manera la longitud del largo y ancho no debe superar los 40 cm.
- La relación entre la altura y su longitud debe ser aproximadamente de 1 a 4 que permite un traslape horizontal en la proporción de 2 a 1 en la construcción de muros de albañilería, a fin de brindar resistencia y seguridad ante el efecto de corte ocasionado por los sismos.
- La altura de los bloques de adobe no debe considerarse menor a 8 cm, siendo la menor dimensión posible. (p. 27)

### Preparación de barro

Morales Morales y otros, (1993) “Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm u otros elementos extraños, mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas, lo cual facilitara el mezclado”. (P. 45)

### 2.2.6.2. Mezclado

Morales Morales y otros, (1993) “Agregar al barro la cantidad de agua necesaria y realizar el mezclado con lampas y rastrillos o con los pies, pisando y caminando energéticamente. Agregar a la mezcla materias inertes compuestas de fibras de paja o pasto secos con una proporción del 20% del volumen”. (p. 46)

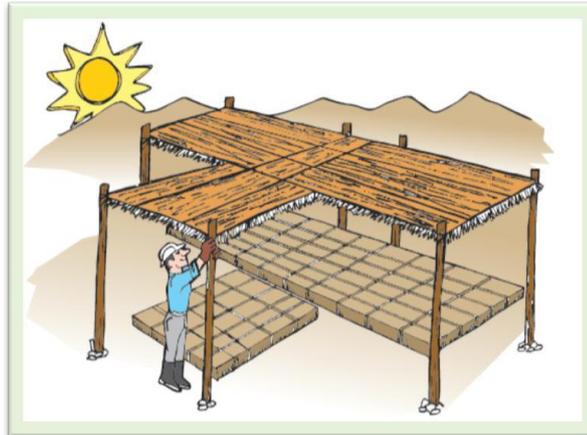


### **2.2.6.3. Moldeo**

Morales Morales y otros, (1993) El moldeo puede ser tradicional, utilizando moldes sin fondo y vaciando la mezcla en el molde directamente sobre el tendal, o también utilizando moldes con fondo, que permite producir adobes más uniformes, más resistentes y de mejor presentación. Los moldes deben ser de madera cepillada de buena calidad, puede prolongarse su vida útil protegiendo los bordes con zuncho metálico. Para la fabricación de los moldes debe considerarse el encogimiento de los moldes debe considerarse el encogimiento del adobe durante el secado, el cual puede determinarse con adobes de prueba, de tal manera que el adobe seco corresponda a las dimensiones previstas en el diseño. (p. 46-47)

### **2.2.6.4. Secado y almacenamiento**

PNVR, (2010) Previa a la producción masiva de adobes deberá habilitarse un área para el secado de adobes, el mismo que puede ser un espacio de considerables dimensiones, nivelada, libre de impurezas y materia orgánica, bajo sombra o protección de esteras, telas, plástico, paja, etc. (Figura 10), para evitar la evaporación rápida, además de que el viento y el sol fuerte, los fisure. Si el clima es muy soleado se recomienda realizar el secado de los adobes bajo la sombra durante los dos primeros días, para evitar el secado brusco que podría originar un alto porcentaje de agrietamientos, de ser el caso se deberá desechar los bloques de adobe. (p. 23).



**Figura 10:** Secado de adobes

*Nota.* Programa nacional de vivienda rural (PNVR, 2010).



**Figura 11:** Volteo de canto o costado en 6 días

*Nota.* Programa nacional de vivienda rural (PNVR, 2010).

#### **2.2.6.5. Control de calidad**

PNVR, (2010) “realizar bloques de prueba en las proporciones de la mezcla a emplear y secarlos durante el día, estos servirán de referente para estimar si las proporciones de arcilla y arena son las adecuadas, para ello se verificarán los bloques de muestra si presentan rajaduras necesariamente se debe adicionar mayor cantidad de arena

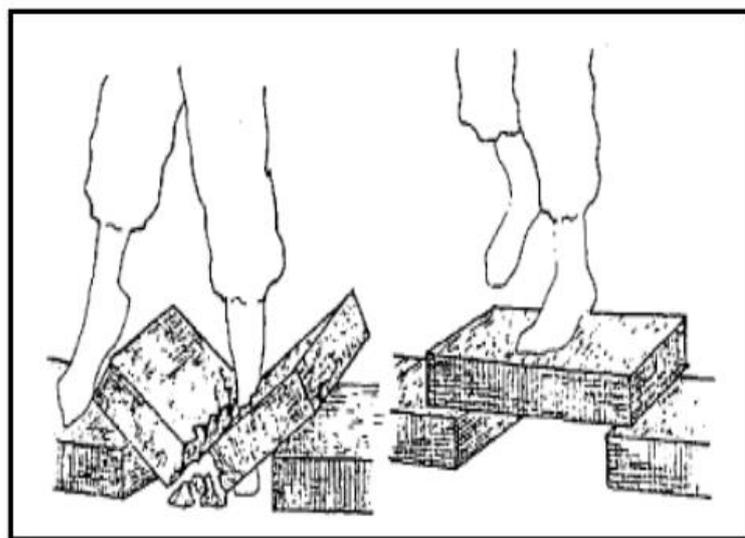
gruesa, caso contrario si presentan deformaciones o fracturas se debe agregar mayor cantidad de suelo arcilloso”. (p. 25)



**Figura 12:** Pieza de adobe agrietado

*Nota.* Programa nacional de vivienda rural (PNVR, 2010).

Morales Morales y otros, (1993) “Si a las 4 semanas el adobe de prueba no resiste el peso de un hombre se debe agregar mayor cantidad de finos a la mezcla”. (p. 49)



**Figura 13:** control de calidad (resistencia)

*Nota.* Prueba de control de calidad (Morales Morales y otros, 1993, p.49).



## **2.2.7. Propiedades Físicas de las Unidades**

### **2.2.7.1. Variabilidad dimensional**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) La variación dimensional es la variación que existe entre las caras opuestas del de la unidad de adobe ya sea ancho, largo y altura. Las dimensiones en términos generales son características geométricas que ningún adobe mantiene perfectamente. Existen pues, diferencias de largo, ancho y alto. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores a las convenientes. (p. 31)

### **2.2.7.2. Alabeo**

Lulichac Sáenz & Mosqueira Moreno, (2015) El alabeo es la deformación entre las caras opuestas de las unidades de adobe, representadas por espacios vacíos (Cóncono) o elevaciones sobresalientes (Convexo). El mayor alabeo (concavidad o convexidad) de las unidades de adobe conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (p. 22)

## **2.2.8. Propiedades Mecánicas de las Unidades**

### **2.2.8.1. Succión**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) La succión es la medida de la velocidad de absorción de agua por la unidad de albañilería en un área determinada. La succión es una propiedad importante en las unidades de



albañilería ya que cuando la succión es muy alta, producirá posibles fisuras en dichas unidades. (p. 32)

#### **2.2.8.2. Absorción**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) La absorción es la medida de la permeabilidad del bloque de albañilería, usualmente se toma como medida de la porosidad, lo que a su vez se considera indicativa de:

- La probable filtración a través de los bloques de albañilería
- Indicio de desintegración cuando los bloques húmedos son sometidas a congelación, descongelación.

De forma general, un bloque de albañilería poroso no será tan resistente como un bloque de mayor densidad en su composición, a acción de cargas, o tan firme al paso del tiempo o a cualquier otro fenómeno de intemperismo. Las variaciones de absorción de los bloques son causadas por diferencia en la composición del material utilizado y métodos del moldeo de las unidades. La absorción máxima a determinar es la cantidad de agua que puede albergar un bloque saturado, considerando como una medida de su impermeabilidad. (p. 31-32)

#### **2.2.8.3. Resistencia a la compresión**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) La resistencia a la compresión de los bloques de adobe se obtendrá ensayando cubos tallados cuyas aristas serán igual a la menor dimensión del bloque de adobe. El valor del esfuerzo a compresión se determinará en base al área de la sección transversal, ensayándose un mínimo de 6 bloques de adobe, determinándose como la resistencia última ( $f'_{o}$ ) el valor que sobrepasen el 80% de los bloques ensayados. Los ensayos serán desarrollados en

piezas completamente secas, tomando como valor de la resistencia ultima ( $f'_{o}$ ) aceptable 12 kg/cm<sup>2</sup>. (p. 31)

### 2.2.9. Pruebas de Laboratorio

#### Ensayo de Variabilidad Dimensional

Torres Ramirez, (2012) consiste en determinar la variación de las medidas de bloques de albañilería en relación a las dimensiones nominales (largo, ancho y altura) mecanismo a desarrollar con el objetivo de comparar la diferencia en la variación de las dimensiones entre un bloque de albañilería tradicional y un bloque de adobe estabilizado con cemento. Para desarrollar el ensayo requiere de las siguientes herramientas: vernier (pie de rey), regla metálica calibrada y un bloque de apoyo, Para este ensayo se mide cada una de sus aristas obteniendo el promedio de medidas entre los puntos medios de cada cara del bloque, calculando el valor promedio de cada arista de la muestra, dicho valor se reduce a la medida nominal del bloque dividiéndose entre este mismo valor, obteniendo de esta manera la variabilidad dimensional en porcentaje. (p. 13)



**Figura 14:** Ensayo de variabilidad dimensional.

*Nota.* Medición de las dimensiones del bloque (Torres Ramirez, 2012, p. 13)



### **2.2.9.1. Ensayo de Alabeo**

#### **Superficies cóncavas**

NTP-399.613, (2005) cuando la distorsión medida corresponde a un área cóncava, se coloca la varilla en forma longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, registrando la mayor desviación en línea recta. Eligiendo la distancia mayor de la cara del bloque a la varilla de borde recto, con la ayuda de la regla de acero o cuña se mide esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie. (p.23)

#### **Superficies convexas**

NTP-399.613, (2005) Cuando la distorsión a ser medida es la de un área convexa, Usando la regla de acero o cuña medir la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen. (p. 23)

### **2.2.9.2. Ensayo de Succión**

Romero Cuentas & Callasi Venero, (2017) este ensayo, se adapta al numeral 11 de la norma técnica peruana 399.613 para los bloques de la presente investigación. La prueba de succión busca calcular el índice de absorción temprana del bloque analizado, lo que viene a ser la capacidad del bloque de adobe a absorber agua en un área de 200 cm<sup>2</sup> en un tiempo normado de 1 minuto  $\pm$  1 segundo. Para realizar el ensayo, las unidades de adobe deben estar secadas a una temperatura ambiente por un plazo no menor a 4 semanas, luego se toma las dimensiones de la cara del bloque, que estará en contacto con el agua para calcular la superficie de succión, se registra el peso seco de cada una de las muestras mediante una balanza



electrónica con una precisión de 0.5 gr. Para realizar el ensayo se requiere de una bandeja recomendable transparente completamente plana de una profundidad no menor a 25 mm para contener el agua.

La bandeja debe contener agujeros para mantener el nivel constante de agua requerido en otras palabras, el agua no debe incrementar su nivel más del requerido. Este ensayo se desarrolla de la siguiente manera:

- La bandeja se coloca sobre una superficie plana, limpia y nivelada
- Se colocan 4 soportes metálicos sobre la bandeja para el apoyo del bloque a ser ensayado los cuales serán guías para mantener el nivel de agua en la bandeja el cual debe estar siempre a  $3 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ mm}$  por encima de los soportes.
- Se coloca el bloque de adobe sobre los soportes, sometiéndolo al ensayo durante el tiempo de un  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ . como muestra en la figura 15.
- Durante tiempo de contacto con el agua se debe mantener su nivel constante a fin de obtener resultados de mayor exactitud.
- Luego se retira el bloque, secando el exceso de agua sobre su superficie en contacto con ayuda de un paño, para determinar su peso húmedo el cual absorbió durante el tiempo de ensayo.
- Finalmente, la succión se determina como la variación de los pesos ( $W$ , en gramos) entre el estado inicial y el estado final del bloque, es decir será el peso del agua absorbida por el bloque de adobe durante 1 minuto de contacto con el agua, si la superficie del bloque ( $L \times B$ ) ensayado es diferente en más de  $\pm 2,5$  % de  $200 \text{ cm}^2$ , la succión se determina mediante la ecuación (1).

$$S = \frac{200W}{LB} \quad (1)$$

Donde:

$S$  = Succión normalizada de una superficie de  $200 \text{ cm}^2$

$W$  = Diferencia de peso del bloque húmedo y seco (gr)

$B$  = Ancho del espécimen (cm)

$L$  = Longitud del espécimen (cm)

- Por último, se determina y reporta el promedio de succión de todos los bloques ensayados, con una aproximación de  $0,1 \text{ gr/min}/200 \text{ cm}^2$ . (p. 34-35)



**Figura 15:** Especimen sometido al ensayo de succión

*Nota.* Ascenso capilar del bloque (Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010, p.29).

### 2.2.9.3. Ensayo de Absorción

NTP-399.613, (2005) Se utilizarán tres unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas y registradas. Las pruebas serán realizadas en unidades enteras o especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de piezas reducidas serán considerados como representativas de la unidad entera. La razón de la reducción será incluida en el informe del ensayo. (p. 10-11).



Se emplean 3 muestras como señala la norma técnica peruana 399.613, siguiendo las siguientes instrucciones para determinar el porcentaje de absorción:

- En primer lugar, se seleccionan las muestras libres de humedad, con la finalidad de obtener solo la humedad absorbida producto de la inmersión total de las muestras en agua. Para ello las muestras de adobe deben ser secadas a la intemperie por lo menos 4 semanas como mínimo. (NTP-399.613, 2005)
- Se ubican, en sectores protegidos de la intemperie, los recipientes (bateas) que mantendrán sumergidos individualmente cada espécimen. (NTP-399.613, 2005)
- Posteriormente, transcurridas 24 horas de inmersión, se extrajo el espécimen secando ligeramente con un paño húmedo su superficie, para enseguida volverlos a pesar. (NTP-399.613, 2005)
- El agua que se utiliza para sumergir las muestras puede ser agua potable, destilada o incluso agua de lluvia, debiendo ser esencialmente agua limpia y a temperatura entre 15.5 °C a 30 °C. (NTP-399.613, 2005)
- Con los datos de los pesos a determinados tiempos de inmersión, se procede a calcular la absorción de cada espécimen con la ecuación (2):

$$Absorción\% = \frac{100(W_s - W_d)}{W_d} \quad (2)$$

Donde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen.

$W_s$  = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24 horas según sea el caso.

La absorción final de la muestra determinada en porcentaje es el promedio de la absorción de todos los bloques del mismo tipo que fueron ensayados, registrándose con aproximación del 0,1 %. (NTP-399.613, 2005, p. 11)



**Figura 16:** Especímenes sometidos a Ensayo de absorción

*Nota.* Ensayo de absorción (Romero Cuentas & Callasi Venero, 2017, p. 77)

#### 2.2.9.4. Ensayo de Erosión acelerada de Swinburne (SAET)

(AENOR, 2008) “Se ensayarán al menos dos bloques enteros de manera aleatoria, curados durante 28 días antes del ensayo. El BTC ensayado conforme a esta norma se clasificará en “apto” o “no apto”, según el criterio de la tabla 2” (p. 17)

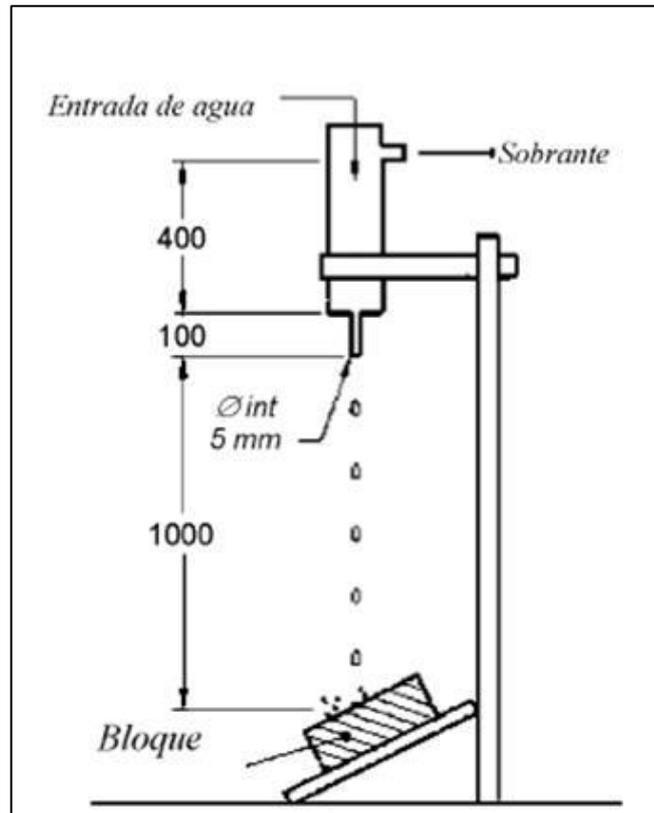
**Tabla 2:** Resistencia a la erosión, criterios de aceptación o rechazo.

Propiedad	Criterio	Resultados
D, (profundidad de la oquedad, en mm)	$0 \leq D \leq 10$	Bloque Apto
	$D > 10$	Bloque no Apto

*Nota.* La tabla muestra el criterio de aceptación (AENOR, 2008)

## Equipo

En la figura 17 se puede apreciar un esquema y diseño del equipo de ensayo, así como las especificaciones para realizar el ensayo de la erosión acelerada Swinburne.



**Figura 17:** Esquema de ensayo de erosión acelerada.

*Nota.* Equipo para el ensayo de erosión acelerada (AENOR, 2008)

## Procedimiento

AENOR, (2008) Se deja caer una corriente continua de agua sobre el bloque durante 10 min a través de un tubo de cristal de 5 mm. De diámetro, conectado a un tanque de agua de nivel constante, cuya cabecera está a 1.5 m sobre la cara del bloque. Este se mantiene inclinado a 27 grados respecto a la horizontal. Con una varilla de 3 mm. De diámetro se mide la profundidad de las oquedades (D) que aparecen. (p. 17)

### 2.2.9.5. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Este ensayo permite obtener la resistencia a compresión de las unidades de adobe, la cual según la Norma E-80 Adobe (RNE, 2006, p. 316) deberá ser por lo menos igual a 12 kg/cm<sup>2</sup>, Para este ensayo se utiliza una máquina de compresión axial.

La resistencia a la compresión ( $\sigma$ ) de cada espécimen, se obtiene dividiendo la carga de rotura (P) entre el área bruta (A). Con los resultados de cada espécimen se obtiene el valor promedio y se le resta una desviación estándar para obtener la resistencia característica a compresión  $f^{\prime}_b$ . (Torres Ramirez, 2012, p. 16)



**Figura 18:** Ensayo de resistencia a la compresión.

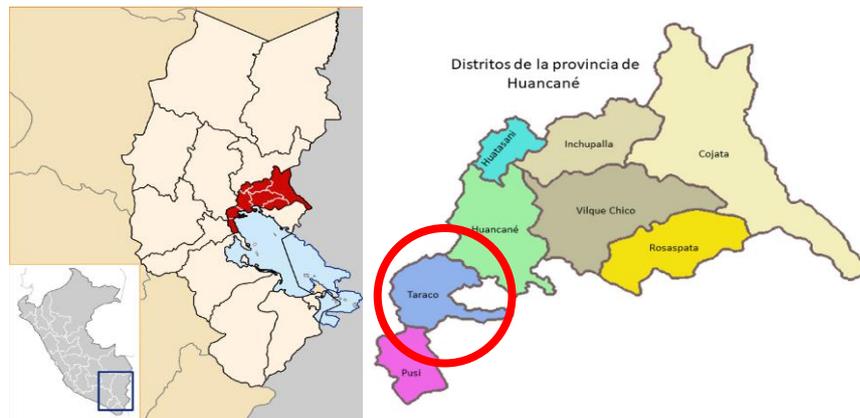
*Nota.* Ensayo de compresión en unidades de adobe (Torres Ramirez, 2012).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

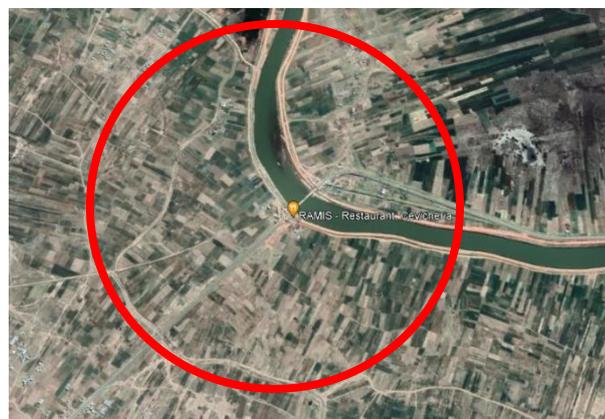
#### 3.1. Ubicación geográfica del estudio

el presente estudio ha sido enfocado al centro poblado de Ramis distrito de Taraco provincia de Huancané departamento de Puno, ubicada al norte de la ciudad de Puno a 76.5 km, en las coordenadas UTM (19L 407155.4, 8310761.8) a una elevación de 3837 m.s.n.m.



**Figura 19:** Ubicación del distrito de Taraco, Huancané, Puno.

*Nota.* Imagen adaptada de Google imágenes.



**Figura 20:** Vista del Centro Poblado Ramis.



*Nota.* Imagen adaptada de Google Earth.

## **3.2. metodología de la investigación**

### **3.2.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación reúne las condiciones para ser una investigación de tipo DESCRIPTIVO porque busca determinar las propiedades, y las características de los bloques de adobe mediante el análisis de sus propiedades físico - mecánicas (Hernández Sampieri, 2017); TRANSVERSAL porque recolecta datos obtenidos en el año 2021, durante el inicio de la primavera (Huarice Inacio, 2019); PROSPECTIVO por que generamos nuestros propios datos de investigación (Hernández Sampieri, 2017) y ANALÍTICO porque descomponemos la investigación en más de dos estudios o ensayos como la variabilidad dimensional, el alabeo, succión, absorción, erosión acelerada y resistencia a la compresión (Hurtado de Barrera, 2000).

### **3.2.2. Nivel de Investigación**

Este tipo de investigación es de tipo Analítico (multivariado) debido a que se estima parámetros para la investigación, así como el análisis comparativo de resultados.

## **3.3. Población y muestra**

### **3.3.1. Población**

Nuestra población como grupo de objeto estará dado por bloques de Ch'ampa adobe, y adobe estabilizado con cemento, los dos primeros utilizados comúnmente por los pobladores de la zona en estudio para la construcción de viviendas altoandinas como son las viviendas de albañilería tradicional (adobe) comúnmente edificadas con bloques de 0.40x0.30x0.15m y 0.40x0.25x0.15m y los Putucos construcciones edificadas a base



de bloques de Ch'ampa extraídas de zonas de humedales o manantiales donde crecen los pastos silvestres Quemello y Ch'iji. La población compuesta por los 3 tipos de albañilería (Ch'ampa, bloque de albañilería tradicional y adobe estabilizado con cemento) será muestreados y elaborados por el Tesista.

### **3.3.2. Cuantificación de la población**

Para la selección de la muestra se optó por una investigación de tipo transversal y prospectivo observacional, obteniendo muestreos no probabilísticos y por conveniencia, desechando los especímenes dañados o con perforaciones mayores al 12% del área de la cara mayor para los bloques de adobe, y adobe estabilizado con cemento.

### **3.3.3. Muestra**

La Norma E – 080 (RNE, 2017, p. 15), indica que para “los ensayos en laboratorio de esfuerzo de rotura se debe tomar datos de los 4 especímenes mejores de 6 ensayados”, teniendo en cuenta las limitaciones de la investigación se utilizará las mismas muestras para realizar varios ensayos sin eliminación de la muestra. Contabilizando un total de 14 especímenes para cada elemento de albañilería a estudiar, con el cual se tendrá una población total de 70 especímenes.

### **3.4. Evaluación de la muestra**

La norma E-080, Diseño y construcción con tierra reforzada (RNE, 2017) recomienda ensayar 6 especímenes como mínimo para el ensayo de resistencia a la compresión, tomando en cuenta esta recomendación se tomó la misma cantidad de especímenes para los ensayos de alabeo, variabilidad dimensional, resistencia a la compresión tomando las mismas muestras de los 3 primeros ensayos; por limitación en la elaboración de especímenes se tomó 4 especímenes para los ensayos de succión

absorción y erosión acelerada Swinburne (SAET), haciendo un total de 14 especímenes para cada tipo de bloque de albañilería (Ch'ampa, bloque de albañilería tradicional y adobe estabilizado con cemento).

**Tabla 3:** Cantidad de especímenes a ensayar.

TOTAL, DE ESPECIMENES A ENSAYAR							70
<b>Bloque de Ch'ampa</b>						<b>N° de Esp.</b>	<b>14</b>
<b>Ensayos de laboratorio</b>						<b>Muestras</b>	
Variabilidad dimensional	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	
Alabeo	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	
Resistencia a la compresión	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	
Succión	CH7	CH8	CH9	CH10			
Absorción	CH7	CH8	CH9	CH10			
Prueba de erosión acelerada Swinburne (SAET)	CH11	CH12	CH13	CH14			
<b>Bloque de albañilería tradicional</b>						<b>N° de Esp.</b>	<b>14</b>
<b>Ensayos de laboratorio</b>						<b>Muestras</b>	
Variabilidad dimensional	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	
Alabeo	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	
Resistencia a la compresión	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	
Succión	M-7	M-8	M-9	M-10			
Absorción	M-7	M-8	M-9	M-10			
Prueba de erosión acelerada Swinburne (SAET)	M-11	M-12	M-13	M-14			
<b>Adobe estabilizado con cemento al 5%</b>						<b>N° de Esp.</b>	<b>14</b>
<b>Ensayos de laboratorio</b>						<b>Muestras</b>	
Variabilidad dimensional	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	
Alabeo	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	
Resistencia a la compresión	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	
Succión	N-7	N-8	N-9	N-10			
Absorción	N-7	N-8	N-9	N-10			
Prueba de erosión acelerada Swinburne (SAET)	N-11	N-12	N-13	N-14			
<b>Adobe estabilizado con cemento al 10%</b>						<b>N° de Esp.</b>	<b>14</b>
<b>Ensayos de laboratorio</b>						<b>Muestras</b>	
Variabilidad dimensional	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6	

Alabeo	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6
Resistencia a la compresión	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6
Succión	O-7	O-8	O-9	O-10		
Absorción	O-7	O-8	O-9	O-10		
Prueba de erosión acelerada Swinburne (SAET)	O-11	O-12	O-13	O-14		
<b>Adobe estabilizado con cemento al 15%</b>		<b>Nº de Esp.</b>		<b>14</b>		
<b>Ensayos de laboratorio</b>		<b>Muestras</b>				
Variabilidad dimensional	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Alabeo	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Resistencia a la compresión	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Succión	P-7	P-8	P-9	P-10		
Absorción	P-7	P-8	P-9	P-10		
Prueba de erosión acelerada Swinburne (SAET)	P-11	P-12	P-13	P-14		

### 3.4.1. Criterio de Inclusión

Las unidades de albañilería tradicional fueron elaboradas de la muestra de suelo que más se asemeje al recomendado por la Norma E-080 Adobe, (RNE, 2006) en el cual indica que la gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%.

La mezcla de las unidades de adobes estabilizados con cemento se realizó momentos antes del moldeo con las proporciones del 5%, 10% y 15% en volumen.

Las unidades de Ch'ampa fueron muestreados de posibles canteras, a causa que gran parte de los terrenos fueron arados para el cultivo.

## 3.5. Instrumentos

### 3.5.1. Instrumentos metrológicos y de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó los formatos para cada tipo de ensayo a realizar de acuerdo al laboratorio, los cuales se muestran en el anexo A.



### **3.5.2. Materiales y equipos de laboratorio**

- Cuchara de Casa Grande
- Balanza Electrónica
- Varilla de 3 mm
- Serie de Tamices
- Vernier
- Bandejas de plástico
- Contenedores plásticos
- Regla Metálica
- Espátula
- Horno
- Cuña para alabeo
- Equipo de erosión acelerada (SAET)
- Máquina de compresión axial

### **3.6. Procedimiento de recolección de datos**

#### **3.6.1. Muestreo de suelo**

##### **Equipo y materiales**

- Pico
- Pala
- Saquillos

##### **Procedimiento**

- Se procedió a identificar las canteras de donde anteriormente se realizó el acopio de material para la elaboración de adobes.

- Posteriormente se retiró toda la suciedad seguido del desbroce y eliminación de la parte orgánica que está por encima del material a muestrear.
- Se realizó el muestreo en 3 puntos distintos del Centro Poblado de Ramis con indicios de canteras de material para la elaboración de adobes.
- Se acopió una cantidad representativa de tierra, el cual fue cuarteado y analizado en laboratorio como se muestra en las Figuras 21, 22.
- De las 3 muestras analizadas en laboratorio se eligió el de mayor aproximación a la gradación contemplada por la Norma E-080 - Adobe (RNE, 2006).



**Figura 21:** Muestreo de suelo - acopio de suelo.

*Nota.* Se realizó el muestreo con el uso de los equipos de protección personal.



**Figura 22:** Coloración del suelo muestreado.

### 3.6.2. Muestreo de Ch'ampa

#### Equipo y materiales

- Pala con borde plano
- Pico
- Saquillos

#### Procedimiento

Por información de los lugareños, quien con su experiencia y conocimientos empíricos nos ilustro el procedimiento de extracción de la Ch'ampa detallado a continuación:

- Para la extracción de la Ch'ampa, la zona ubicada debe ser identificada con anticipación, evitando labrar dicho suelo y ser usado como zona agrícola por un tiempo de al menos de 5 años como mínimo, para lograr que los pastos naturales enraícen los cuales dan el refuerzo a los bloques de Ch'ampa.
- Se debe identificar zonas donde crece las plantas silvestres Ch'iji y el Quemello, que generalmente se desarrollan en áreas húmedas, manantiales que en algún momento se encontraban sumergidas en agua, ya sea por inundaciones o incremento del nivel del lago Titicaca.



**Figura 23:** Zonas de extracción de champa con Ch'iji.



**Figura 24:** Herramienta que facilita la extracción de la Ch'ampa.

- Una vez identificado el lugar de muestreo se procedió a realizar la extracción de bloques de Ch'ampa de dimensiones 0.32x0.16x0.10 m con ayuda de una pala de borde plano, como se observa en las figuras 24, 25 y 26.



**Figura 25:** Extracción de bloque de Ch'ampa con Quemello.

*Nota.* La extracción de las muestras de Ch'ampa fue realizado por el tesista.



**Figura 26:** Bloques de Ch'ampa muestreados.

*Nota.* Se aprecia vegetación como componente de la Ch'ampa.



### **3.6.3. Fabricación de Bloques de Adobe**

#### **3.6.3.1. Bloque de albañilería tradicional**

##### **Equipo y materiales**

- Molde de madera 32x16x8 cm
- Pala, plástico, hoja lata.

##### **Procedimiento**

- Se procedió a mezclar la materia prima acopiada con agua para formar la masa de barro.
- Posteriormente se procedió a mezclar mecánicamente la tierra con el agua con los pies debidamente con los equipos de protección personal puesto, hasta lograr una mezcla uniforme.
- Una vez lograda la mezcla de tierra y agua uniforme se añadió la paja gradualmente hasta lograr una mezcla homogénea y consistente.
- Seguidamente se procede a realizar el dormido de la masa de barro, el cual consiste de dejar reposar como mínimo de 01 día.
- Antes de moldear los bloques de albañilería tradicional se hizo remojar el molde de madera en agua, para saturarlo y reducir el efecto de succión de humedad de la mezcla al momento del moldeo.
- Pasado las 24 horas de reposo de la mezcla, se procede al moldeo de los bloques de adobe sobre una superficie plana y libre de otros elementos.
- Finalmente, se procedió a dar forma y enrazar la cara superior según las dimensiones del molde, dejándolo para su secado a la intemperie a la luz del sol como mínimo 01 semana.

- Cabe resaltar que para un nuevo moldeo el molde de adobe tiene que volver a ser empapado de agua para evitar la adherencia de la nueva mezcla a moldear.



**Figura 27:** Mezcla de barro lista a moldear.

*Nota.* Se aprecia la dosificación de la mezcla de agua y suelo añadida con paja.



**Figura 28:** Bloques de albañilería tradicional.

### 3.6.3.2. Adobe estabilizado con cemento al 5, 10 y 15%

#### Equipo y materiales

- Molde de madera de 32x16x8 cm
- Pala
- Recipiente de 1 Pie<sup>3</sup>
- Plástico
- Hoja lata.

## Procedimiento

- Antes de iniciar con la elaboración de la mezcla se realizó la medición del volumen a emplearse mediante 1 cubo de madera de 1 pie<sup>3</sup> para una mejor dosificación de los porcentajes de cemento a ser añadido, como se observa en la figura 29.
- Se realizó el mismo procedimiento para la elaboración de unidades de adobe tradicional hasta antes del moldeado, momento en el que se añadió el porcentaje (%) de cemento propuesto para cada caso, como se observa en la figura 30.
- Para el adobe estabilizado con cemento al 5% en volumen, se utilizó 3 pies<sup>3</sup> de suelo y 0.15 pie<sup>3</sup> de cemento, volumen suficiente para moldear más de 14 especímenes.
- Para el adobe estabilizado con cemento al 10% en volumen, se utilizó 3 pies<sup>3</sup> de suelo y 0.30 pie<sup>3</sup> de cemento, volumen suficiente para moldear más de 14 especímenes.
- Para el adobe estabilizado con cemento al 15% en volumen se utilizó 3 pies<sup>3</sup> de suelo y 0.45 pie<sup>3</sup> de cemento, cantidad suficiente para moldear más de 14 especímenes, finalmente moldeándose los bloques (fig. 31)



**Figura 29:** Dosificación para adobes estabilizados.



**Figura 30:** Mezcla estabilizada con cemento.



**Figura 31:** Moldeo de adobes estabilizados con cemento.

### **3.7. Ensayos de laboratorio**

#### **3.7.1. Muestreo de suelo**

##### **Equipo y materiales**

- Bandeja metálica
- Espátula
- Saquillos
- Pala
- Plástico

## Procedimiento

- Una vez muestreada el material se hizo el cuarteo en una bandeja metálica en cuatro partes aproximadamente iguales, como se puede visualizar en la figura 32.
- Se consideró como muestra representativa las dos partes opuestas que presenten características semejantes, eliminando las otras dos restantes.
- Se juntaron las partes elegidas, realizando el mismo procedimiento, hasta conseguir la cantidad de suelo necesario para poder realizar el ensayo.



**Figura 32:** Cuarteo de muestra - Obtención de muestra representativa.

### 3.7.2. Ensayo de Granulometría

#### Equipo y materiales

- Balanza
- Brocha
- Recipientes
- Tamices (3/4", 1/2", 3/8" N°04, N°10, N°20, N°40, N°100, N°200)

#### Procedimiento

- Se seleccionó el grupo de tamices de acuerdo al suelo que se tiene.

- Se dispuso uno encima de otro, colocando el de abertura mayor en la parte superior y los siguientes decreciendo progresivamente. En el fondo de la columna de tamices se colocó una bandeja metálica.
- Se colocó la porción de suelo a analizar sobre el tamiz superior y se le somete a vibración manual en dirección horizontal y vertical, de forma que las partículas van cayendo a través de la serie de tamices.
- Finalmente se pesa el material retenido en cada uno de los tamices.



**Figura 33:** Ensayo de granulometría mediante tamizaje.

### 3.7.3. Límites de Atterberg

#### Límite líquido

#### Equipos y materiales

- Taras
- Espátula
- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Mortero
- Probeta

- Balanza electrónica de sensibilidad de 0.1 gr.
- Tamiz # 40
- Horno regulable a 110°C

### Procedimiento

- Iniciamos preparando una pasta de suelo en un recipiente plástico con una humedad ligeramente superior al límite líquido, como se visualiza en la figura 34.
- Colocamos entre 50 y 70 gr. De suelo húmedo en la cápsula, alisando la superficie a una altura de 1 cm. con la espátula, como se visualiza en la figura 35.
- Usando el acanalador, separamos la muestra en dos mitades simétricas de la cápsula, como visualizamos en la figura 37.
- Girando la manivela de manera uniforme a una velocidad de 2 revoluciones por segundo se continuo hasta cerrar el surco realizado con el acanalador.
- Se repitió el procedimiento hasta lograr cerrar el surco a los 25 golpes, incrementando muestra seca gradualmente a la mezcla.
- Finalmente se tomó una muestra aproximada de 5 gr. De suelo en la zona donde se cerró el para obtener su contenido de humedad, y calcular el límite líquido.



**Figura 34:** Equipo y materiales para realizar el ensayo de límite líquido.



**Figura 35:** Amasado de mezcla para ensayo.



**Figura 36:** Colocado de muestra en la cápsula.

*Nota.* El ensayo se realizó bajo supervisión del técnico de laboratorio.



**Figura 37:** Cuchara Casagrande con muestra acanalada.

*Nota.* El ensayo se realizó bajo supervisión del técnico de laboratorio.



## **Límite Plástico**

### **Equipos y materiales**

- Taras
- Placa de vidrio
- Espátula
- Mortero
- Probeta
- Balanza electrónica de sensibilidad 0.1 gr.
- Tamiz # 40
- Horno regulable a 110°C

### **Procedimiento**

- Se uso una porción de material que queda del ensayo de límite líquido, formando bolitas de suelo aproximadamente de 1cm<sup>3</sup>.
- Tomar una bolita de suelo de 1 cm<sup>3</sup> y amasarla sobre el vidrio con la palma de la mano hasta formar bastoncitos de 3 mm. De diámetro
- Reconstruir la bolita de suelo, uniendo el material con fuerte presión de las puntas de los dedos y amasar nuevamente hasta llegar al límite plástico.
- El límite plástico (LP), corresponde al contenido de humedad para el cual un bastoncito de 3 mm, así formado, se rompe en trozos de 0.5 a 1 cm de largo.

## **Ensayo de Variabilidad Dimensional**

### **Equipo y materiales**

- Vernier (Pie de Rey)

- Regla metálica

### Procedimiento

- La Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005), nos indica que se debe realizar las medidas en los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras y registrar estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y obtener el promedio con una aproximación de 0.5 mm. (p. 21, 22)
- Se hizo el registro de las medidas obtenidas con el Vernier de acuerdo a lo indicado por la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005).



**Figura 38:** Medición de las dimensiones.

### 3.7.4. Ensayo de Alabeo

#### Equipo y materiales

- Regla metálica
- Cuña de medición graduada en divisiones de 1 mm.

#### Procedimiento

- Se hizo la limpieza completa de las unidades hasta dejarlas libres de polvo y partículas adheridas a ellas.

- Colocando la regla metálica en forma transversal se procedió a registrar las medidas de la concavidad y convexidad. Figura 39.



**Figura 39:** Medición de la concavidad de las unidades.

### 3.7.5. Ensayo de Succión

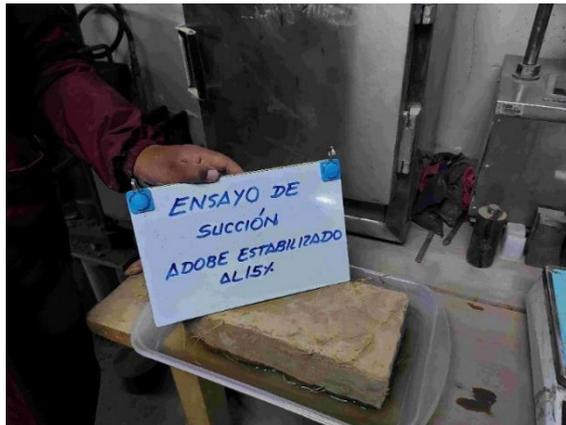
#### Equipo y materiales

- Bandeja plástica transparente
- Balanza electrónica
- Cronómetro

#### Procedimiento

- Inicialmente se procedió a medir las dimensiones del largo y ancho con una aproximación de 1 mm para calcular el área de los bloques.
- Se realizó el registro del peso de los especímenes para cada tipo de bloques a estudiar con una aproximación de 0.5 g secado al horno o al sol.
- Con nivel de mano se procedió a nivelar la bandeja de prueba de tal manera que el fondo de la misma este nivelado, seguidamente de colocar soportes metálicos para el apoyo de los especímenes a ensayar.

- Colocado el espécimen se agregó agua hasta 3 mm por encima de los soportes de forma constante hasta 1 minuto de acuerdo a lo indicado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), como se visualiza en la figura 40.
- Finalmente, pasado 1 min de tiempo se escurre el agua superficial con un paño y se volvió a pesar con la humedad absorbida, como se visualiza en la figura 41.



**Figura 40:** Espécimen sometido al Ensayo de succión.



**Figura 41:** Peso de la muestra después de la prueba.

### 3.7.6. Ensayo de Absorción

#### Equipos y materiales

- Bandeja
- Balanza electrónica

- Cubetas de plástico

### Procedimiento

- Se utilizó 3 unidades secas enteras debidamente marcadas, pesadas y registradas los que fueron sumergidos totalmente en agua por 24 horas.
- Pasada las 24 horas se retiró los especímenes del agua dejándolos escurrir por 1 minuto para finalmente ser pesado y registrado en cada tipo de espécimen, como se puede visualizar en las figuras 42 y 43.



**Figura 42:** Especímenes sumergidos en agua durante 24 horas.



**Figura 43:** Registro de peso de muestra saturada Ensayo de absorción.



### **3.7.7. Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET)**

Con este ensayo se pretende analizar el comportamiento de los bloques de albañilería a la erosión de su superficie ocasionada por el contacto continuo del agua en una de las caras de las unidades de albañilería, simulando las consecuencias que ocasionaría una lluvia fuerte y prolongada. De esta forma se podría comparar los resultados en cada uno de los casos, verificando cuál de las unidades de albañilería resultara más resistente a la erosión.

#### **Equipos y materiales**

- Equipo de erosión acelerada.
- Regla metálica
- Varilla de 3 mm de diámetro
- Manguera
- Conexiones PVC

#### **Procedimiento**

En cumplimiento a la Norma Española UNE 41410 (AENOR, 2008) se procedió de la siguiente manera:

- Se colocó la unidad de albañilería en un ángulo de 27 grados sexagesimales respecto a la horizontal.
- Se dejó caer una corriente continua de agua sobre el bloque a través de un tubo de 5 mm de diámetro, conectado a un grifo de agua de nivel constante, cuya cabecera está a 1.5 m sobre la cara del bloque durante 10 min, como se puede visualizar en la figura 44.

- Finalmente se tomó la medida de la oquedad ocasionada (figura 45) por la corriente de agua, con una varilla de 3 mm de diámetro, registrándose en los instrumentos de recolección de datos.



**Figura 44:** Ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET).

*Nota.* El Equipo utilizado fue elaborado de acuerdo a la Norma Española UNE 41410.

### 3.7.8. Ensayo de Resistencia a la Compresión

#### Equipo y materiales

- Lámina de neopreno y metálica
- Equipo de Resistencia a la Compresión
- Regla metálica

#### Procedimiento

- Se escogieron las muestras de adobe y Ch'ampa a ser ensayadas, una vez seleccionadas se procede a medir y registrar el área de las caras que estarán en contacto con la máquina de resistencia a la Compresión.
- Posteriormente se procedió a colocar las láminas de Neopreno y metálica para mantener toda el área del bloque en contacto con la Máquina.

- Finalmente se sometió a la compresión registrando la fuerza máxima que se ejerció el equipo, como se visualiza en las figuras 46 y 47.



**Figura 45:** Colocación del bloque al equipo de compresión.



**Figura 46:** Sometimiento del testigo a fuerza de compresión.



**Figura 47:** Falla de los bloques sometidos a compresión.

### 3.8. Análisis de datos obtenidos

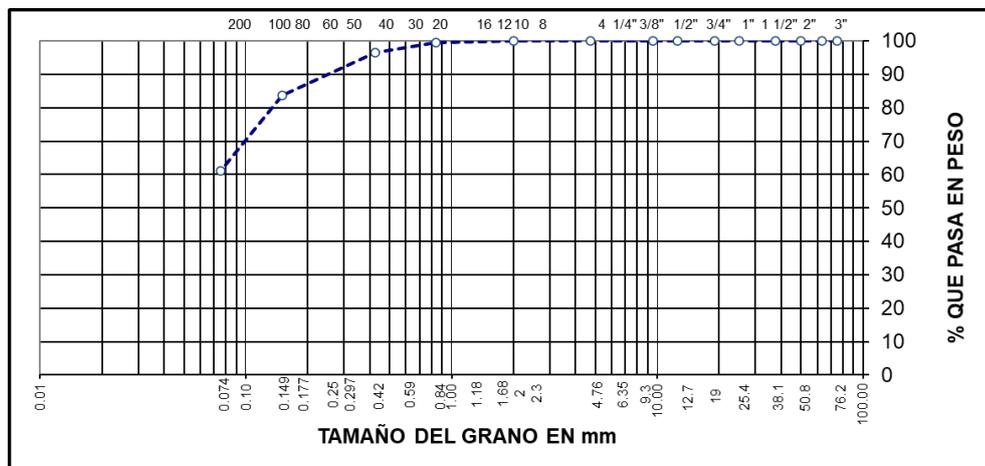
#### Ensayo de Granulometría

#### Procesamiento y cálculo

De las 3 muestras obtenidas en 3 puntos distintos del centro poblado de Ramis, se realizó el análisis correspondiente para cada uno de las muestras como se visualiza en las tablas 4, 5 y 6; finalmente se graficó la curva granulométrica para cada una de las muestras.

**Tabla 4:** Análisis de datos – Análisis Granulométrico para la muestra 01.

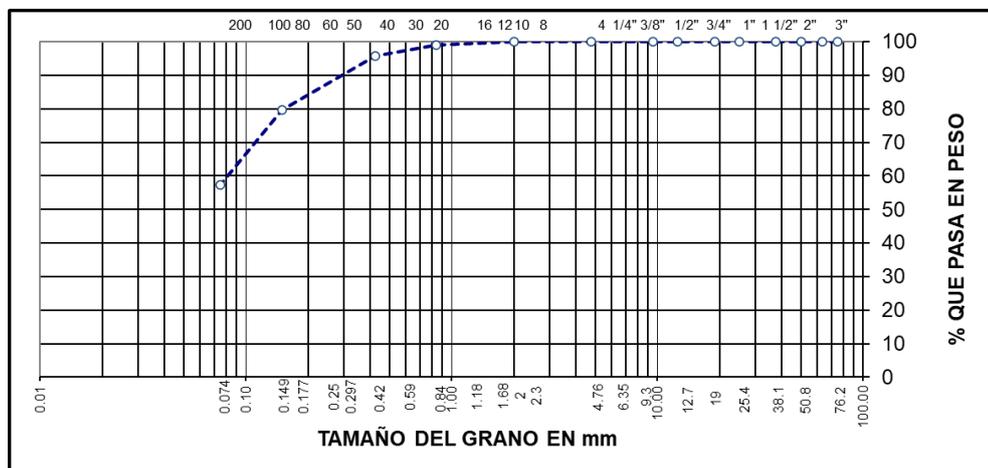
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 593.0 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : - Grs
2"	50.000					Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500					Arena : 38.95 %
1"	25.000					Fino : 61.05 %
3/4"	19.000					W natural : - %
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750					L.L. : 25.90 %
No.10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0	L.P. : 21.28 %
No.20	0.840	3.0	0.5	0.5	99.5	I.P. : 4.62 %
No.40	0.425	18.0	3.0	3.5	96.5	
No.100	0.150	75.0	12.6	16.2	83.8	CLASIFICACION
No.200	0.075	135.0	22.8	39.0	61.0	SUCS : CL-ML
<No.200		362.0	61.0	100.0		AASHTO : A-4(1)



**Figura 48:** Curva granulométrica de la muestra 01.

**Tabla 5:** Análisis de datos – Análisis Granulométrico para la muestra 02.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 1134.0 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : - Grs
2"	50.000					Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500					Arena : 42.59 %
1"	25.000					Fino : 57.41 %
3/4"	19.000					W natural : - %
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750					L.L. : 26.80 %
No.10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0	L.P. : 20.02 %
No.20	0.840	11.0	1.0	1.0	99.0	I.P. : 6.78 %
No.40	0.425	38.0	3.4	4.3	95.7	
No.100	0.150	180.0	15.9	20.2	79.8	CLASIFICACION
No.200	0.075	254.0	22.4	42.6	57.4	SUCS : CL-ML
<No.200		651.0	57.4	100.0		AASHTO : A-4(2)



**Figura 49:** Curva granulométrica de la muestra 02.

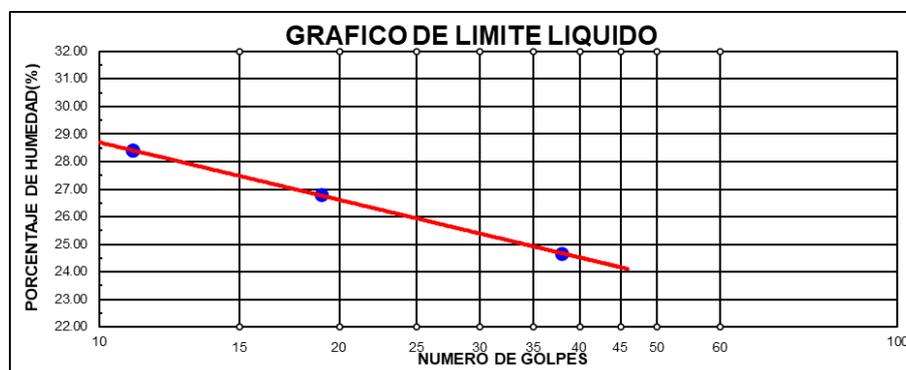
**Tabla 6:** Análisis de datos – Análisis Granulométrico de la muestra 03.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 574.0 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : - Grs
2"	50.000					Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500					Arena : 45.30 %
1"	25.000					Fino : 54.70 %
3/4"	19.000					W natural : - %
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750					L.L. : 27.60 %
No.10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0	L.P. : 20.58 %
No.20	0.840	6.0	1.0	1.0	99.0	I.P. : 7.02 %
No.40	0.425	34.0	5.9	7.0	93.0	
No.100	0.150	87.0	15.2	22.1	77.9	CLASIFICACION
No.200	0.075	133.0	23.2	45.3	54.7	SUCS : CL
<No.200		314.0	54.7	100.0		AASHTO : A-4(2)



08. % de Humedad	%	24.67	26.79	28.41
------------------	---	-------	-------	-------

DESCRIPCIÓN		LÍMITE PLÁSTICO	
01. Tara N°	gr	7	11
02. Suelo Húmedo + Tara	gr	7.55	5.35
03. Suelo Seco + Tara	gr	6.66	4.68
04. Peso del Agua	gr	0.89	0.67
05. Peso del Tarro	gr	2.58	1.45
06. Peso del Suelo Seco	gr	4.08	3.23
07. % de Humedad	%	21.81	20.74
LÍMITE PLÁSTICO		21.28	
LÍMITE LÍQUIDO		25.90	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		4.62	



**Figura 51:** Gráfico de límite líquido muestra 01.

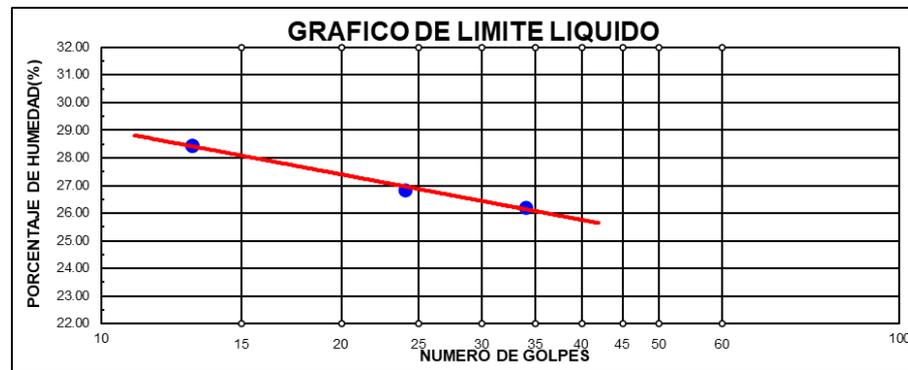
*Nota.* Del gráfico se obtiene el porcentaje de humedad interpolado para 25 golpes.

**Tabla 8:** Análisis de datos - Límites de Consistencia muestra 02.

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO		
01. N° de Golpes		34	24	13
02. Tara N°		16	10	12
03. Suelo Húmedo + Tara	gr	20.49	17.04	19.74
04. Suelo Seco + Tara	gr	16.69	13.94	15.86
05. Peso del Agua	gr	3.80	3.10	3.88
06. Peso del Tarro	gr	2.20	2.39	2.22
07. Peso del Suelo Seco	gr	14.49	11.55	13.64
08. % de Humedad	%	26.22	26.84	28.45
DESCRIPCION		LÍMITE PLÁSTICO		
01. Tara N°		10	14	
02. Suelo Húmedo + Tara	gr	8.99	6.38	
03. Suelo Seco + Tara	gr	7.99	5.62	
04. Peso del Agua	gr	1.00	0.76	
05. Peso del Tarro	gr	3.10	1.74	

06. Peso del Suelo Seco	gr	4.89	3.88
07. % de Humedad	%	20.45	19.59

LÍMITE PLÁSTICO	20.02
LÍMITE LÍQUIDO	26.80
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6.78



**Figura 52:** Gráfico límite Líquido muestra 02.

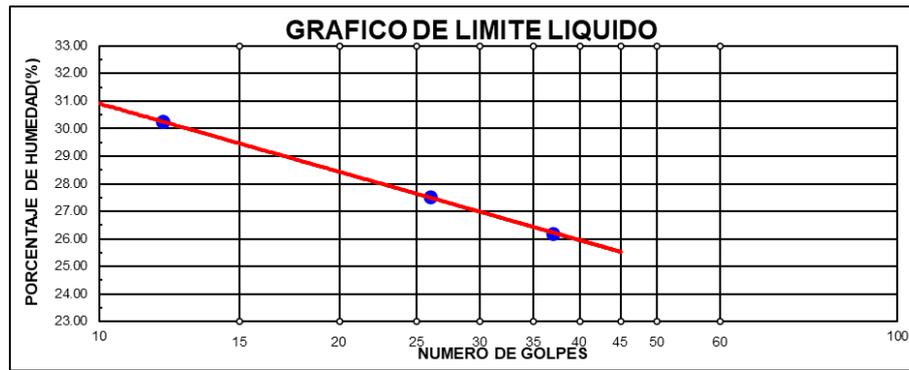
*Nota.* Del gráfico se obtiene el porcentaje de humedad interpolado para 25 golpes.

**Tabla 9:** Análisis de datos - Límites de Consistencia muestra 03.

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO		
01. N° de Golpes		37	26	12
02. Tara N°		19	13	15
03. Suelo Húmedo + Tara	gr	24.59	20.55	23.99
04. Suelo Seco + Tara	gr	20.03	16.73	19.04
05. Peso del Agua	gr	4.56	3.82	4.95
06. Peso del Tarro	gr	2.64	2.87	2.66
07. Peso del Suelo Seco	gr	17.40	13.87	16.37
08. % de Humedad	%	26.21	27.53	30.25

DESCRIPCIÓN		LÍMITE PLÁSTICO	
01. Tara N°	gr	13	17
02. Suelo Húmedo + Tara	gr	10.82	7.68
03. Suelo Seco + Tara	gr	9.59	6.74
04. Peso del Agua	gr	1.23	0.94
05. Peso del Tarro	gr	3.72	2.09
06. Peso del Suelo Seco	gr	5.88	4.65
07. % de Humedad	%	20.93	20.23

LÍMITE PLÁSTICO	20.58
LÍMITE LÍQUIDO	27.60
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7.02



**Figura 53:** Gráfico Limite Líquido muestra 03.

*Nota.* Del gráfico se obtiene el porcentaje de humedad interpolado para 25 golpes.

### 3.8.2. Ensayo de Variabilidad Dimensional

#### Procesamiento y cálculo

- Una vez terminado las mediciones de las muestras se procedió a realizar los promedios del largo, ancho y la altura de cada tipo de bloque ensayado.
- Seguidamente se identificó el largo, ancho y altura mínima que poseen las muestras para poder calcular los porcentajes de variación para cada tipo de adobe ensayado.
- Finalmente se obtuvo las medidas promedio para el cálculo de las áreas respectivas para cada tipo de bloque.

**Tabla 10:** Análisis de datos - V.D. bloque de Ch'ampa.

MUESTRA	VARIABILIDAD DIMENSIONAL - BLOQUE DE CH'AMPA														
	LARGO (cm)				ANCHO (cm)				ALTURA (cm)						
	L1	L2	L3	L4	PROM.	L1	L2	L3	L4	PROM.	L1	L2	L3	L4	PROM.
CH1	29.6	29.7	29.7	29.5	29.65	14.6	14.6	14.7	14.5	14.60	7.9	8.1	8.1	7.7	7.95
CH2	29.7	29.5	29.7	29.4	29.60	14.7	14.7	14.8	14.4	14.65	8.1	8.2	7.9	7.6	7.95
CH3	29.5	29.7	29.5	29.5	29.55	14.9	14.9	14.9	14.5	14.80	7.8	7.6	7.7	7.7	7.70
CH4	29.7	29.7	29.5	29.6	29.60	14.8	14.7	14.7	14.6	14.70	7.9	7.8	7.9	7.8	7.85
CH5	29.6	29.6	29.8	29.7	29.65	14.8	14.9	15.0	14.7	14.85	7.9	7.9	7.6	7.5	7.70
CH6	29.8	29.7	29.7	29.7	29.70	15.1	14.8	14.9	14.8	14.90	7.7	7.8	7.8	7.9	7.80
	LARGO PROMEDIO (cm)				29.65	ANCHO PROMEDIO (cm)				14.75	ALTURA PROMEDIO (cm)				7.85
	LARGO MIN (cm)				29.40	ANCHO MIN (cm)				14.40	ALTURA MIN (cm)				7.50
	VARIACIÓN (%)				0.84	VARIACIÓN (%)				2.37	VARIACIÓN (%)				4.46

*Nota.* Se muestra las 4 medidas realizadas para cada dimensión requerida de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005) unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

**Tabla 11:** Análisis de datos - V.D. bloque de Albañilería tradicional.

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL - BLOQUE DE ALBAÑILERÍA TRADICIONAL</b>															
<b>MUESTRA</b>	<b>LARGO (cm)</b>				<b>ANCHO (cm)</b>				<b>ALTURA (cm)</b>						
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>PROM.</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>PROM.</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>PROM.</b>
M-1	31.6	32.2	32.5	32.2	<b>32.15</b>	15.8	16.3	16.5	16.4	<b>16.25</b>	8.0	7.9	8.4	8.3	<b>8.15</b>
M-2	32.5	32.2	32.4	32.1	<b>32.30</b>	16.2	16.3	16.6	16.8	<b>16.50</b>	7.8	7.6	8.3	8.4	<b>8.05</b>
M-3	32.3	32.1	32.0	32.4	<b>32.20</b>	16.5	16.5	15.9	16.5	<b>16.35</b>	7.6	8.1	8.5	8.5	<b>8.20</b>
M-4	32.6	32.5	32.1	32.3	<b>32.40</b>	15.8	15.7	16.5	16.5	<b>16.15</b>	7.8	8.0	8.3	8.5	<b>8.15</b>
M-5	32.3	32.4	32.2	32.2	<b>32.25</b>	15.6	15.9	15.9	16.5	<b>15.95</b>	7.9	7.9	8.5	8.4	<b>8.20</b>
M-6	32.6	32.3	32.1	32.3	<b>32.35</b>	16.3	15.7	16.3	16.6	<b>16.25</b>	8.1	8.0	8.4	8.5	<b>8.25</b>
<b>LARGO PROMEDIO (cm)</b>					<b>32.25</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (cm)</b>				<b>16.25</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (cm)</b>				<b>8.15</b>
<b>LARGO MIN (cm)</b>					<b>31.60</b>	<b>ANCHO MIN (cm)</b>				<b>15.60</b>	<b>ALTURA MIN (cm)</b>				<b>7.60</b>
<b>VARIACIÓN (%)</b>					<b>2.02</b>	<b>VARIACIÓN (%)</b>				<b>4.00</b>	<b>VARIACIÓN (%)</b>				<b>6.75</b>

*Nota.* Se muestra las 4 medidas realizadas para cada dimensión requerida de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005) unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

**Tabla 12:** Análisis de datos – V.D. bloque de adobe estabilizado al 5%.

VARIABILIDAD DIMENSIONAL - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%																															
MUESTRA	LARGO (cm)				ANCHO (cm)				ALTURA (cm)																						
	L1	L2	L3	L4	PROM.	L1	L2	L3	L4	PROM.	L1	L2	L3	L4	PROM.																
N-1	31.9	32.2	32.3	32.3	32.15	15.8	16.3	16.0	16.2	16.05	8.1	8.2	8.2	8.3	8.20																
N-2	32.2	32.2	32.3	32.4	32.25	15.9	16.3	15.7	16.3	16.05	8.1	8.2	8.1	8.4	8.20																
N-3	31.8	32.1	32.4	32.2	32.15	16.0	16.5	15.9	16.4	16.20	7.8	8.1	8.2	8.5	8.15																
N-4	31.9	31.9	32.3	32.3	32.10	15.8	15.5	15.8	16.2	15.80	7.9	8.0	8.2	8.5	8.15																
N-5	32.3	32.4	32.4	32.2	32.35	15.6	15.9	15.5	16.3	15.80	7.9	8.2	8.3	8.4	8.20																
N-6	32.4	32.3	32.2	32.3	32.30	16.3	15.7	16.3	16.4	16.15	8.2	8.1	8.1	8.5	8.20																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">LARGO PROMEDIO (cm)</td> <td style="width: 10%;">32.20</td> <td style="width: 10%;">ANCHO PROMEDIO (cm)</td> <td style="width: 10%;">16.00</td> <td style="width: 10%;">ALTURA PROMEDIO (cm)</td> <td style="width: 10%;">8.20</td> </tr> <tr> <td>LARGO MIN (cm)</td> <td>31.80</td> <td>ANCHO MIN (cm)</td> <td>15.50</td> <td>ALTURA MIN (cm)</td> <td>7.80</td> </tr> <tr> <td>VARIACIÓN (%)</td> <td>1.24</td> <td>VARIACIÓN (%)</td> <td>3.13</td> <td>VARIACIÓN (%)</td> <td>4.88</td> </tr> </table>														LARGO PROMEDIO (cm)	32.20	ANCHO PROMEDIO (cm)	16.00	ALTURA PROMEDIO (cm)	8.20	LARGO MIN (cm)	31.80	ANCHO MIN (cm)	15.50	ALTURA MIN (cm)	7.80	VARIACIÓN (%)	1.24	VARIACIÓN (%)	3.13	VARIACIÓN (%)	4.88
LARGO PROMEDIO (cm)	32.20	ANCHO PROMEDIO (cm)	16.00	ALTURA PROMEDIO (cm)	8.20																										
LARGO MIN (cm)	31.80	ANCHO MIN (cm)	15.50	ALTURA MIN (cm)	7.80																										
VARIACIÓN (%)	1.24	VARIACIÓN (%)	3.13	VARIACIÓN (%)	4.88																										

*Nota.* Se muestra las 4 medidas realizadas para cada dimensión requerida de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005) Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

**Tabla 13:** Análisis de datos – V.D. bloque de adobe estabilizado al 10%.

MUESTRA	VARIABILIDAD DIMENSIONAL - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 10%																
	LARGO (cm)						ANCHO (cm)						ALTURA (cm)				
	L1	L2	L3	L4	PROM.		L1	L2	L3	L4	PROM.		L1	L2	L3	L4	PROM.
O-1	31.9	32.2	32.1	32.3	<b>32.15</b>		15.9	16.1	16.2	16.1	<b>16.10</b>		8.2	8.2	8.2	8.3	<b>8.20</b>
O-2	32.2	32.3	32.3	32.4	<b>32.30</b>		15.9	16.2	16.0	16.2	<b>16.05</b>		8.2	8.1	8.1	8.2	<b>8.15</b>
O-3	31.9	32.1	32.0	32.2	<b>32.05</b>		16.1	16.2	15.9	16.3	<b>16.15</b>		7.9	8.1	7.9	8.3	<b>8.05</b>
O-4	31.8	31.8	31.9	32.3	<b>31.95</b>		15.7	16.1	15.9	16.0	<b>15.95</b>		7.8	7.9	7.9	8.2	<b>7.95</b>
O-5	32.3	32.4	31.9	32.2	<b>32.20</b>		16.0	15.9	16.1	16.2	<b>16.05</b>		7.9	8.0	8.2	8.4	<b>8.15</b>
O-6	32.6	32.3	32.1	32.3	<b>32.35</b>		16.1	16.0	16.2	16.4	<b>16.15</b>		8.2	7.8	8.4	8.4	<b>8.20</b>
<b>LARGO PROMEDIO (cm)</b>							<b>32.15</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (cm)</b>							<b>ALTURA PROMEDIO (cm)</b>		
<b>LARGO MIN (cm)</b>							<b>31.80</b>	<b>ANCHO MIN (cm)</b>							<b>ALTURA MIN (cm)</b>		
<b>VARIACIÓN (%)</b>							<b>1.09</b>	<b>VARIACIÓN (%)</b>							<b>VARIACIÓN (%)</b>		

*Nota.* Se muestra las 4 medidas realizadas para cada dimensión requerida de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005) Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

**Tabla 14:** Análisis de datos – V.D. bloque de adobe estabilizado al 15%.

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 15%</b>															
MUESTRA	LARGO (cm)						ANCHO (cm)						ALTURA (cm)		
	L1	L2	L3	L4	PROM.	L1	L2	L3	L4	PROM.	L1	L2	L3	L4	PROM.
P-1	32.1	32.0	32.1	32.3	32.15	16.0	16.1	16.0	16.1	16.05	8.2	8.1	8.0	8.2	8.15
P-2	32.0	32.1	32.1	32.1	32.05	15.9	16.0	16.0	16.2	16.00	8.1	8.1	8.1	8.1	8.10
P-3	31.8	32.1	32.0	32.2	32.05	16.0	16.2	15.9	16.3	16.10	7.9	8.1	8.0	8.1	8.05
P-4	32.0	31.9	32.1	32.3	32.10	15.9	15.9	16.0	16.0	15.95	8.1	8.1	7.9	8.0	8.05
P-5	32.2	32.1	32.1	32.0	32.10	15.9	15.8	15.9	16.2	15.95	8.1	8.0	8.1	8.2	8.10
P-6	32.0	32.1	32.1	32.0	32.05	16.1	16.0	16.2	16.4	16.15	8.0	8.1	8.1	8.1	8.10
<b>LARGO PROMEDIO (cm)</b>						<b>ANCHO PROMEDIO (cm)</b>						<b>ALTURA PROMEDIO (cm)</b>			
<b>LARGO MIN (cm)</b>						<b>ANCHO MIN (cm)</b>						<b>ALTURA MIN (cm)</b>			
<b>VARIACIÓN (%)</b>						<b>VARIACIÓN (%)</b>						<b>VARIACIÓN (%)</b>			
<b>32.10</b>						<b>16.05</b>						<b>8.10</b>			
<b>31.80</b>						<b>15.80</b>						<b>7.90</b>			
<b>0.93</b>						<b>1.56</b>						<b>2.47</b>			

*Nota.* Se muestra las 4 medidas realizadas para cada dimensión requerida de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005) Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

### 3.8.3. Ensayo de Alabeo

#### Procesamiento y Cálculo

- Terminado el ensayo de Alabeo se procedió a realizar el procesamiento y cálculo de dicho ensayo, determinando el promedio de la convexidad y concavidad de nuestras unidades de adobe y Ch'ampa.

**Tabla 15:** Análisis de datos - Alabeo bloque de Ch'ampa.

ALABEO - BLOQUE DE CH'AMPA				
ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
CH1	2.00	-	2.00	-
CH2	3.00	-	1.00	-
CH3	2.00	-	3.00	-
CH4	1.00	-	2.00	-
CH5	2.00	-	3.00	-
CH6	3.00	-	1.00	-
<b>PROMEDIO (mm)</b>	<b>2.17</b>	<b>-</b>	<b>2.00</b>	<b>-</b>
<b>CONV. PROM. (mm)</b>			<b>2.08</b>	
<b>ALABEO PROM. (mm)</b>			<b>2.08</b>	

**Tabla 16:** Análisis de datos - Alabeo bloque de Albañilería tradicional.

ALABEO - BLOQUE ALBAÑILERÍA TRADICIONAL				
ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
M-1	7.00	-	2.00	-
M-2	3.00	-	3.00	-
M-3	5.00	-	5.00	-
M-4	4.00	-	6.00	-
M-5	3.00	-	7.00	-
M-6	4.00	-	4.00	-
<b>PROMEDIO (mm)</b>	<b>4.33</b>	<b>-</b>	<b>4.50</b>	<b>-</b>
<b>CONV. PROM. (mm)</b>			<b>4.42</b>	
<b>CONVEX. PROM. (mm)</b>			<b>-</b>	
<b>ALABEO PROM. (mm)</b>			<b>4.42</b>	

**Tabla 17:** Análisis de datos - Alabeo Adobe estabilizado al 5 %.

ALABEO - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%				
ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
N-1	6.00	-	3.00	-
N-2	3.00	-	4.00	-
N-3	4.00	-	4.00	-
N-4	2.00	-	3.00	-
N-5	4.00	-	5.00	-
N-6	3.00	-	5.00	-
<b>PROMEDIO (mm)</b>	<b>3.67</b>	<b>-</b>	<b>4.00</b>	<b>-</b>
<b>CONV. PROM. (mm)</b>			<b>3.83</b>	
<b>CONVEX. PROM. (mm)</b>			<b>-</b>	
<b>ALABEO PROM. (mm)</b>			<b>3.83</b>	

**Tabla 18:** Análisis de datos - Alabeo Adobe estabilizado al 10 %.

ALABEO - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 10%				
ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
O-1	5.00	-	4.00	-
O-2	3.00	-	3.00	-
O-3	4.00	-	3.00	-
O-4	3.00	-	4.00	-
O-5	3.00	-	3.00	-
O-6	5.00	-	4.00	-
<b>PROMEDIO (mm)</b>	<b>3.83</b>	<b>-</b>	<b>3.50</b>	<b>-</b>
<b>CONV. PROM. (mm)</b>			<b>3.67</b>	
<b>CONVEX. PROM. (mm)</b>			<b>-</b>	
<b>ALABEO PROM. (mm)</b>			<b>3.67</b>	

**Tabla 19:** Análisis de datos - Alabeo Adobe estabilizado al 15 %.

ALABEO - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 15%				
ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
P-1	4.00	-	2.00	-
P-2	3.00	-	3.00	-
P-3	2.00	-	3.00	-
P-4	3.00	-	3.00	-



P-5	3.00	-	3.00	-
P-6	3.00	-	2.00	-
<b>PROMEDIO (mm)</b>	<b>3.00</b>	<b>-</b>	<b>2.67</b>	<b>-</b>
<b>CONV. PROM. (mm)</b>			<b>2.83</b>	
<b>CONVEX. PROM. (mm)</b>			<b>-</b>	
<b>ALABEO PROM. (mm)</b>			<b>2.83</b>	

### 3.8.4. Ensayo de Succión

#### Procesamiento y Cálculo

- Se determinó la succión mediante la ecuación 3, contemplada en la Norma Técnica Peruana (NTP-399.613, 2005, p. 18).

$$S = \frac{200W}{LB} \quad (3)$$

Donde:

- S = Succión normalizada a un área de 200 cm<sup>2</sup>.
- W = Diferencia de pesos del espécimen entre el estado húmedo y seco (gr).
- L = Longitud del espécimen (cm).
- B = Ancho del espécimen (cm).

**Tabla 20:** Análisis de datos - Succión bloque de Ch'ampa.

ENSAYO DE SUCCIÓN - BLOQUE DE CH'AMPA						
ESPECÍMEN	PESO SECO (gr.)	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	TIEMPO DE SUCCIÓN (min.)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr.)	SUCCIÓN (gr./min./200cm <sup>2</sup> )
CH7	2,873	29.70	14.50	1	2,962	41.33
CH8	3,137	29.60	14.70	1	3,239	46.88
CH9	2,742	29.80	14.90	1	2,835	41.89
CH10	2,803	29.60	14.70	1	2,918	52.86
<b>PROMEDIO:</b>	<b>2,889</b>	<b>29.68</b>	<b>14.70</b>	<b>1</b>	<b>2,989</b>	<b>45.74</b>

**Tabla 21:** Análisis de datos - Succión bloque de albañilería tradicional.

ENSAYO DE SUCCIÓN - BLOQUE DE ALBAÑILERÍA TRADICIONAL						
ESPECÍMEN	PESO SECO (gr.)	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	TIEMPO DE SUCCIÓN (min.)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr.)	SUCCIÓN (gr./min. /200cm <sup>2</sup> )
M-7	5,815	32.10	16.00	1	5,879	24.92
M-8	5,725	32.40	16.10	1	5,782	21.85
M-9	5,536	31.50	15.80	1	5,595	23.71
M-10	5,896	32.30	15.90	1	5,945	19.08
<b>PROMEDIO:</b>	<b>5,743</b>	<b>32.08</b>	<b>15.95</b>	<b>1</b>	<b>5,800</b>	<b>22.39</b>

**Tabla 22:** Análisis de datos - Succión adobe estabilizado al 5%.

ENSAYO DE SUCCIÓN - ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%						
ESPECÍMEN	PESO SECO (gr.)	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	TIEMPO DE SUCCIÓN (min.)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr.)	SUCCIÓN (gr./min. /200cm <sup>2</sup> )
N-7	6,057	32.10	16.00	1	6,105	18.69
N-8	5,748	32.20	15.90	1	5,801	20.70
N-9	5,865	32.00	16.10	1	5,918	20.57
N-10	5,790	31.80	15.70	1	5,833	17.23
<b>PROMEDIO:</b>	<b>5,865</b>	<b>32.03</b>	<b>15.93</b>	<b>1</b>	<b>5,914</b>	<b>19.30</b>

**Tabla 23:** Análisis de datos - Adobe estabilizado al 10%.

ENSAYO DE SUCCIÓN - ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 10%						
ESPECÍMEN	PESO SECO (gr.)	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	TIEMPO DE SUCCIÓN (min.)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr.)	SUCCIÓN (gr./min. /200cm <sup>2</sup> )
O-7	6,215	32.00	16.00	1	6,256	16.02
O-8	6,019	32.20	16.00	1	6,060	15.92
O-9	5,940	32.00	16.10	1	5,976	13.98



O-10 5,878 31.60 15.90 1 5,915 14.73

---

**PROMEDIO: 6,013 31.950 16.00 1 6,052 15.16**

---

**Tabla 24:** Análisis de datos - Adobe estabilizado al 15%.

ENSAYO DE SUCCIÓN - ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 15%						
ESPECÍMEN	PESO SECO (gr.)	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	TIEMPO DE SUCCIÓN (min.)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr.)	SUCCIÓN (gr./min./200cm <sup>2</sup> )
P-7	6,321	32.10	16.00	1	6,349	10.90
P-8	6,290	32.00	15.90	1	6,314	9.43
P-9	5,806	31.90	16.00	1	5,836	11.76
P-10	6,301	32.00	16.10	1	6,332	12.03
<b>PROMEDIO:</b>	<b>6,180</b>	<b>32.00</b>	<b>16.00</b>	<b>1</b>	<b>6,208</b>	<b>11.03</b>

### 3.8.5. Ensayo de Absorción

#### Procesamiento y cálculo

Se determinó el porcentaje de absorción de cada unidad de adobe, así como también el porcentaje de absorción promedio de cada unidad de adobe, mediante la ecuación 4.

$$Absorción\% = \frac{100(W_s - W_d)}{W_d} \quad (4)$$

Donde:

- Abs. (%) = Porcentaje de absorción en 24 horas.
- W<sub>d</sub> = Peso seco del espécimen.
- W<sub>s</sub> = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24 horas según sea el caso.

**Tabla 25:** Análisis de datos - Absorción Bloque de Ch'ampa.

ENSAYO DE ABSORCIÓN - BLOQUE DE CH'AMPA									
MUEST.	PESO SECO (gr.)	PESO SATURADO (gr.) 1hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 6hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 12hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 24hr	ABS. (%)
CH7	2,873	3,881	35.09	3,958	37.77	4,226	47.09	4,463	55.34
CH8	3,137	4,225	34.68	4,265	35.96	4,598	46.57	4,683	49.28
CH9	2,742	3,637	32.64	3,758	37.05	4,126	50.47	4,211	53.57
CH10	2,803	3,782	34.93	3,746	33.64	4,175	48.95	4,214	50.34
<b>PROM.</b>	<b>2,889</b>	<b>3,881</b>	<b>34.34</b>	<b>3,932</b>	<b>36.11</b>	<b>4,281</b>	<b>48.27</b>	<b>4,393</b>	<b>52.13</b>

**Tabla 26:** Análisis de datos - Absorción Bloque de albañilería tradicional.

ENSAYO DE ABSORCIÓN - BLOQUE DE ALBAÑILERÍA TRADICIONAL									
MUEST.	PESO SECO (gr.)	PESO SATURADO (gr.) 1hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 6hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 12hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 24hr	ABS. (%)
M-7	5,815	-	-	-	-	-	-	-	-
M-8	5,725	-	-	-	-	-	-	-	-
M-9	5,536	-	-	-	-	-	-	-	-
M-10	5,896	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PROM.</b>	<b>5,743</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

**Tabla 27:** Análisis de datos - Absorción adobe estabilizado con cemento al 5%.

ENSAYO DE ABSORCIÓN - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%									
MUEST.	PESO SECO (gr.)	PESO SATURADO (gr.) 1hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 6hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 12hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 24hr	ABS. (%)
N-7	6,057	6,644	9.69	6,894	13.82	7,053	16.44	7,155	18.13
N-8	5,748	6,335	10.21	6,585	14.56	6,734	17.15	6,851	19.19
N-9	5,865	6,452	10.01	6,682	13.93	6,836	16.56	6,955	18.58
N-10	5,790	6,341	9.52	6,591	13.83	6,719	16.04	6,884	18.89
<b>PROM.</b>	<b>5,865</b>	<b>6,443</b>	<b>9.86</b>	<b>6,688</b>	<b>14.04</b>	<b>6,836</b>	<b>16.55</b>	<b>6,961</b>	<b>18.70</b>

**Tabla 28:** Análisis de datos - Absorción adobe estabilizado al 10%.

ENSAYO DE ABSORCIÓN - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 10%									
MUEST.	PESO SECO (gr.)	PESO SATURADO (gr.) 1hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 6hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 12hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 24hr	ABS. (%)
O-7	6,215	6,589	6.02	6,736	8.38	6,904	11.09	7,049	13.42
O-8	6,019	6,458	7.29	6,605	9.74	6,772	12.51	6,911	14.82
O-9	5,940	6,378	7.37	6,527	9.88	6,695	12.71	6,877	15.77
O-10	5,878	6,298	7.15	6,445	9.65	6,606	12.39	6,707	14.10
<b>PROM.</b>	<b>6,013</b>	<b>6,431</b>	<b>6.96</b>	<b>6,578</b>	<b>9.41</b>	<b>6,744</b>	<b>12.18</b>	<b>6,886</b>	<b>14.53</b>

**Tabla 29:** Análisis de datos - Absorción adobe estabilizado al 15%.

ENSAYO DE ABSORCIÓN - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 15%									
MUEST.	PESO SECO (gr.)	PESO SATURADO (gr.) 1hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 6hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 12hr	ABS. (%)	PESO SATURADO (gr.) 24hr	ABS. (%)
P-7	6,321	6,589	4.24	6,736	6.57	6,804	7.64	6,924	9.54
P-8	6,290	6,458	2.67	6,605	5.01	6,772	7.66	6,821	8.44
P-9	5,806	6,078	4.68	6,148	5.89	6,235	7.39	6,347	9.32
P-10	6,301	6,454	2.43	6,645	5.46	6,806	8.01	6,814	8.14
<b>PROM.</b>	<b>6,180</b>	<b>6,395</b>	<b>3.51</b>	<b>6,534</b>	<b>5.73</b>	<b>6,654</b>	<b>7.68</b>	<b>6,727</b>	<b>8.86</b>

### 3.8.6. Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET)

#### Procesamiento y Cálculo

Se procede a comparar de acuerdo al nivel de oquedad que generó dicho ensayo si cada unidad de adobe para determinar si tiene una resistencia nula, baja, medio o alta, de acuerdo a la tabla 30.

**Tabla 30:** Resistencia en relación a la oquedad – SAET.

<b>Propiedad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Resistencia</b>
D, (Profundidad de la oquedad, en mm)	0>D>5	Alta
	5>D>10	Media
	10>D>20	Baja
	D>20	Baja o Nula

*Nota.* Resistencia de acuerdo a la profundidad de la oquedad (AENOR, 2008).

**Tabla 31:** Análisis de datos - Erosión Acelerada bloque de Ch'ampa.

<b>EROSIÓN ACELERADA (SAET) - BLOQUE DE CH'AMPA</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>CAUDAL (ml/min.)</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OQUEDAD (mm.)</b>	<b>NIVEL DE RESISTENCIA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
CH11	625.00	10	25.00	BAJA A NULA	Absorbe aceleradamente volumen de agua, además de presentar erosión considerable
CH12	625.00	10	22.00	BAJA A NULA	
CH13	625.00	10	18.00	BAJA	
CH14	625.00	10	28.00	BAJA A NULA	
<b>PROMEDIO</b>	<b>625.00</b>	<b>10</b>	<b>23.25</b>	<b>BAJA A NULA</b>	

**Tabla 32:** Análisis de datos - Erosión Acelerada bloque de albañilería tradicional.

<b>EROSIÓN ACELERADA (SAET) - BLOQUE DE ALBAÑILERÍA TRADICIONAL</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>CAUDAL (ml/min.)</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OQUEDAD (mm.)</b>	<b>NIVEL DE RESISTENCIA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
M-11	625.00	10	19.00	BAJA	Absorbe aceleradamente volumen de agua, además de presentar erosión considerable
M-12	625.00	10	21.00	BAJA A NULA	
M-13	625.00	10	22.00	BAJA A NULA	
M-14	625.00	10	20.00	BAJA A NULA	
<b>PROMEDIO:</b>	<b>625.00</b>	<b>10</b>	<b>20.5</b>	<b>BAJA A NULA</b>	

**Tabla 33:** Análisis de datos - Erosión Acelerada adobe estabilizado al 5%.

<b>EROSIÓN ACELERADA (SAET) - ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>CAUDAL (ml/min.)</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OQUEDAD (mm.)</b>	<b>NIVEL DE RESISTENCIA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
N-11	625.00	10	9.00	MEDIA	La unidad de adobe estabilizado con cemento al 5% presenta una resistencia media a baja a la erosión
N-12	625.00	10	11.00	BAJA	
N-13	625.00	10	13.00	BAJA	
N-14	625.00	10	9.00	MEDIA	
<b>PROMEDIO:</b>	<b>625.00</b>	<b>10</b>	<b>10.5</b>	<b>BAJA</b>	

**Tabla 34:** Análisis de datos - Erosión Acelerada adobe estabilizado al 10%.

<b>EROSIÓN ACELERADA (SAET) - ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 10%</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>CAUDAL (ml/min.)</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OQUEDAD (mm.)</b>	<b>NIVEL DE RESISTENCIA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
O-11	625	10	6.00	MEDIA	La unidad de adobe estabilizado con cemento al 10% presenta una resistencia media a la erosión
O-12	625	10	8.00	MEDIA	
O-13	625	10	5.00	MEDIA	
O-14	625	10	4.00	ALTA	
<b>PROMEDIO:</b>	<b>625</b>	<b>10</b>	<b>5.75</b>	<b>MEDIA</b>	

**Tabla 35:** Análisis de datos - Erosión Acelerada adobe estabilizado al 15%.

<b>EROSIÓN ACELERADA (SAET) - ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 15%</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>CAUDAL (ml/min.)</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>	<b>OQUEDAD (mm.)</b>	<b>NIVEL DE RESISTENCIA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
P-11	625	10	4.00	ALTA	La unidad de adobe estabilizado con cemento al 15% presenta mayor resistencia a la erosión
P-12	625	10	5.00	MEDIA	
P-13	625	10	3.00	ALTA	
P-14	625	10	2.00	ALTA	
<b>PROMEDIO:</b>	<b>625</b>	<b>10</b>	<b>3.50</b>	<b>ALTA</b>	

### 3.8.7. Ensayo de Resistencia a la Compresión

#### Procesamiento y Cálculo

- El ensayo de la resistencia es determinado para cada tipo de bloque en nuestra investigación se realizó a 06 muestras de bloques de albañilería tradicional, bloques de adobe estabilizado con cemento y bloques de Ch'ampa.
- Una vez ensayada la muestra de adobe se procede a calcular la resistencia a la compresión ( $f'o$ ) el cual esta expresada en  $\text{kg/cm}^2$
- Para el cálculo de  $f'o$  se procede a dividir la carga máxima (Kg-f) entre el área que estuvo en contacto con la máquina de resistencia a la compresión.
- De igual manera se realizó el procedimiento para para los especímenes de la Ch'ampa.
- Finalmente se calculó el promedio de la resistencia a la compresión para cada tipo de unidad de adobe.

**Tabla 36:** Análisis de datos – R.C. bloque de Ch'ampa.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - BLOQUE DE CH'AMPA</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Kg-f)</b>	<b>AREA (cm2)</b>	<b>F'o (Kg/cm2)</b>
CH1	2,589.00	432.89	5.98
CH2	2,347.00	433.64	5.41
CH3	2,158.00	437.34	4.93
CH4	1,986.00	435.12	4.56
CH5	2,410.00	440.30	5.47
CH6	2,980.00	442.53	6.73
<b>PROMEDIO:</b>	<b>2,411.70</b>	<b>437.00</b>	<b>4.74</b>

**Tabla 37:** Análisis de datos - R.C. bloque de Albañilería tradicional

<b>R.C. - BLOQUE DE ALBAÑILERIA TRADICIONAL</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Kg-f)</b>	<b>AREA (cm2)</b>	<b>F'o (Kg/cm2)</b>
M-1	4,898.00	522.44	9.38
M-2	5,794.00	532.95	10.87
M-3	4,879.00	526.47	9.27
M-4	5,278.00	523.26	10.09
M-5	4,950.00	514.39	9.62
M-6	4,719.00	525.69	8.98
<b>PROMEDIO:</b>	<b>5,086.30</b>	<b>524.20</b>	<b>9.02</b>

**Tabla 38:** Análisis de datos - R.C. Adobe estabilizado al 5%.

<b>R.C. - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 5%</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Kg-f)</b>	<b>AREA (cm2)</b>	<b>F'o (Kg/cm2)</b>
N-1	7,395.00	516.01	14.33
N-2	7,154.00	517.61	13.82
N-3	7,265.00	520.83	13.95
N-4	7,398.00	507.18	14.59
N-5	7,141.00	511.13	13.97
N-6	7,174.00	521.65	13.75
<b>PROMEDIO:</b>	<b>7,254.50</b>	<b>515.74</b>	<b>13.75</b>

**Tabla 39:** Análisis de datos – R.C. Adobe estabilizado al 10%.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 10%</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Kg-f)</b>	<b>AREA (cm2)</b>	<b>F'o (Kg/cm2)</b>



O-1	7,984.00	517.62	15.42
O-2	7,859.00	518.42	15.16
O-3	8,215.00	517.61	15.87
O-4	8,471.00	509.6	16.62
O-5	8,956.00	516.81	17.33
O-6	9,102.00	522.45	17.42
<b>PROMEDIO:</b>	<b>8,431.20</b>	<b>517.10</b>	<b>15.33</b>

**Tabla 40:** Análisis de datos – R.C. Adobe estabilizado al 15%.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO CON CEMENTO AL 15%</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Kg-f)</b>	<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'o (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
P-1	11,240.00	516.01	21.78
P-2	11,010.00	512.8	21.47
P-3	10,670.00	516.01	20.68
P-4	10,230.00	512	19.98
P-5	10,815.00	512	21.12
P-6	10,657.00	517.61	20.59
<b>PROMEDIO:</b>	<b>10,770.30</b>	<b>514.40</b>	<b>20.29</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Discusión de Resultados

##### 4.1.1.1. Ensayo de granulometría

De los tres resultados del ensayo de Granulometría se hizo la comparación respectiva con la gradación que indica la Norma E-080 Adobe (RNE, 2006) “La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados”. (p. 311)

**Tabla 41:** Comparación de los resultados de granulometría.

Muestra	% de Arena	% de Finos	Clasificación de suelos	
			SUCS	AASHTO
C-01	38.95	61.05	CL-ML	A-4(1)
C-02	42.59	57.41	CL-ML	A-4(2)
C-03	45.3	54.7	CL	A-4(2)
<b>Desviación estándar</b>	3.19	3.19		
<b>Coefficiente de variación</b>	7.536%	5.520%		

De la tabla 41 podemos concluir que las muestras C-02 y C-03 se aproximan a los porcentajes establecidos por la Norma E-080 Adobe (RNE, 2006, p. 311), mientras que la muestra C-01 está muy por debajo en la cantidad de arena, para seleccionar la muestra a utilizar se deberá complementar con el ensayo de límites de Atterberg.

#### 4.1.1.2. Ensayo de límites de Atterberg

Obtenido los tres resultados se realizó la comparación con lo enunciado en el manual para elaboración de adobe (PNVR, 2010) el cual nos indica: “en cuanto a los límites de Atterberg, es recomendable que el límite líquido varíe entre 20 y 40%, por debajo de 20% se trata de suelos no cohesivos, y por encima de 40% el comportamiento del suelo es deficiente ante la humedad, es recomendable que el índice plástico sea menor que 20%”. (p. 9)

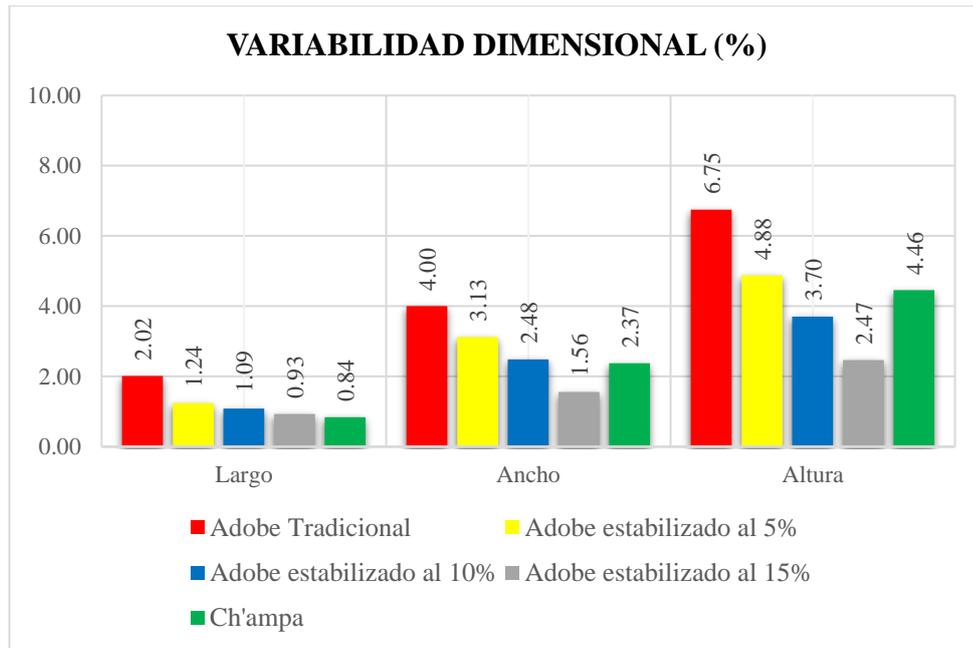
**Tabla 42:** Comparación de resultados de Límites de Atterberg.

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-01	25.9	21.28	4.62
C-02	26.8	20.02	6.78
C-03	27.6	20.58	7.02
<b>Desviación estándar</b>	0.85	0.63	1.32
<b>Coefficiente de variación</b>	3.177%	3.061%	21.528%

Finalmente, en la tabla 42 se distingue que las 3 muestras se encuentran en el rango de 20 a 40% de límite líquido, como recomienda el PNVR; contrastando con los resultados del ensayo de granulometría (tabla 41), se seleccionó como la muestra más óptima para desarrollar nuestra investigación la **muestra C-03**.

#### 4.1.1.3. Ensayo de variabilidad dimensional

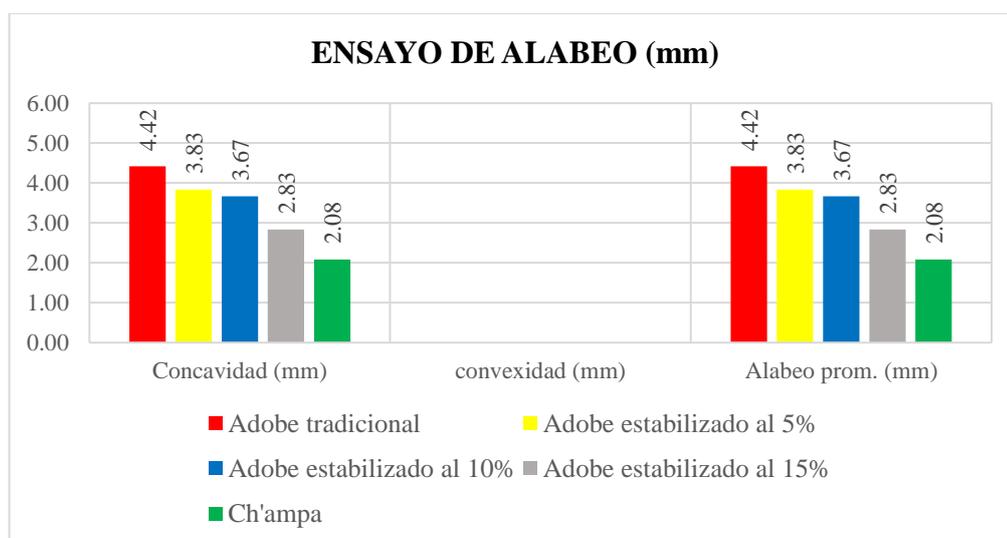
Finalmente realizado la comparación de los 4 tipos de bloques en estudio, se pudo apreciar que, a mayor cantidad de cemento utilizado menor fue la variación dimensional en los bloques, teniendo en cuenta que la variación se debe a muchos factores, como el molde que al contacto con agua tiende a expandir sus dimensiones, la manera de desmoldar haciendo fricción con el bloque fresco que genera variación en la altura de los bloques, o el nivel de la superficie donde se desmoldara los bloques.



**Figura 54:** Resultados - Ensayo de Variabilidad Dimensional.

#### 4.1.1.4. Ensayo de alabeo

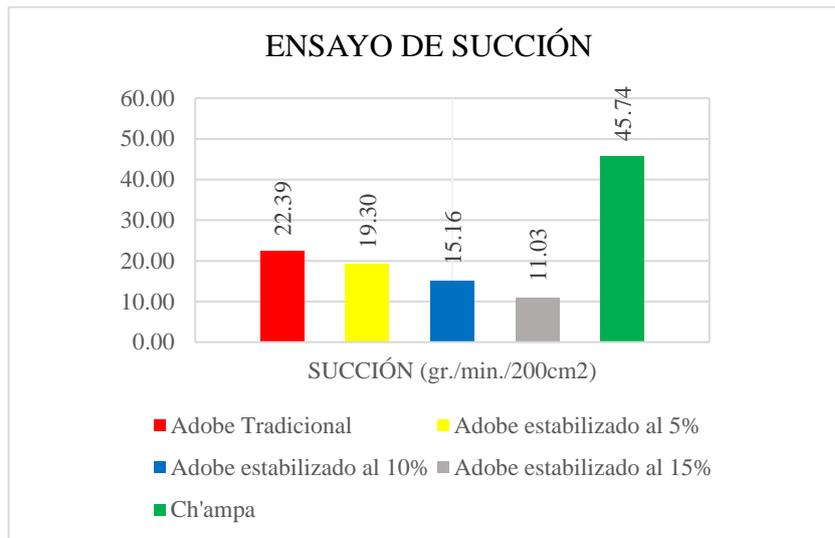
En nuestros resultados del ensayo de Alabeo se observó que a mayor porcentaje de estabilización con cemento las muestras presentan menor alabeo, se observó de igual manera que el alabeo es cóncavo a efectos que el desmoldado se realiza en sentido vertical deformando la cara superior y laterales del bloque de adobe.



**Figura 55:** Resultados - Ensayo de Alabeo.

#### 4.1.1.5. Ensayo de succión

- Se observó que los bloques de Ch'ampa y albañilería tradicional succionan mayor cantidad de agua frente a los bloques de adobe estabilizado con cemento.
- Adicionalmente se puede observar que los bloques de adobe estabilizado con mayor porcentaje de cemento tienden a succionar menor cantidad de agua.



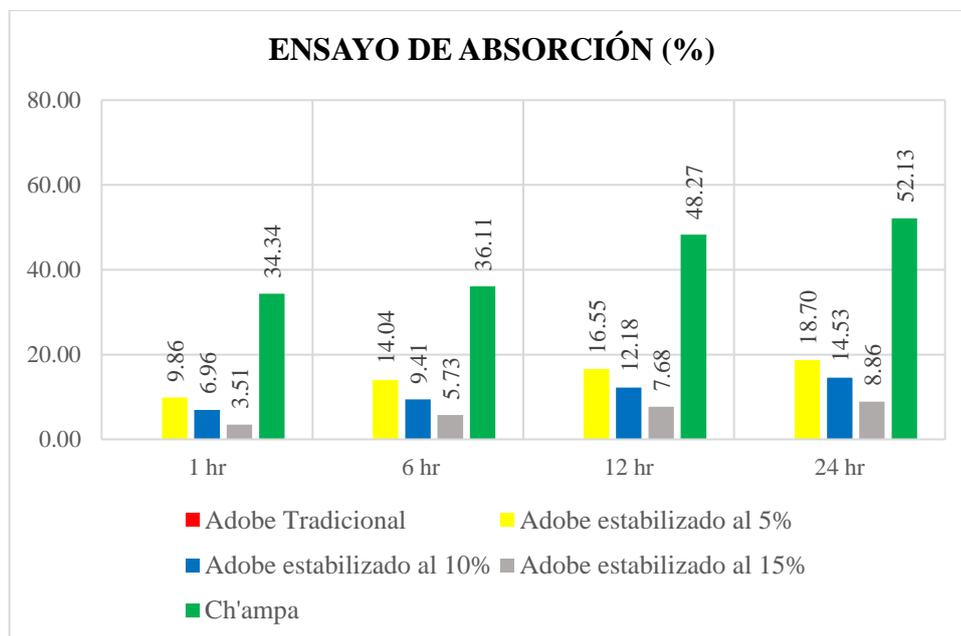
**Figura 56:** Resultados - Ensayo de Succión.

#### 4.1.1.6. Ensayo de absorción

- Las unidades de Ch'ampa tienden a saturarse rápidamente debido a la porosidad con la que cuentan, inicialmente se tuvo que aplastar con un peso adicional para poder sumergirlas en agua debido a que los bloques secos tendían a flotar sobre el agua dificultando el ensayo de Absorción, finalmente se obtuvo que la Ch'ampa muestreada para esta investigación alcanzó el mayor porcentaje de absorción respecto a los demás materiales estudiados.
- Las unidades de albañilería tradicional no resistieron la prueba de absorción, se observó que empezaron a desprenderse generando pérdida en su masa antes de

llegar a los 60 minutos del ensayo, dicho efecto generó la obtención de datos erróneos por lo que se consideró como ensayo fallido.

- Dos bloques de adobe estabilizado al 5% resultaron fracturados por la mitad al momento de ser retirada del agua, esto sin perder o fragmentarse masa del dicho bloque.
- Los bloques de adobe estabilizado con cemento al 10 y 15 % resultaron intactos y con similar dureza al estar secos.



**Figura 57:** Resultados - Ensayo de Absorción.

#### 4.1.1.7. Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET)

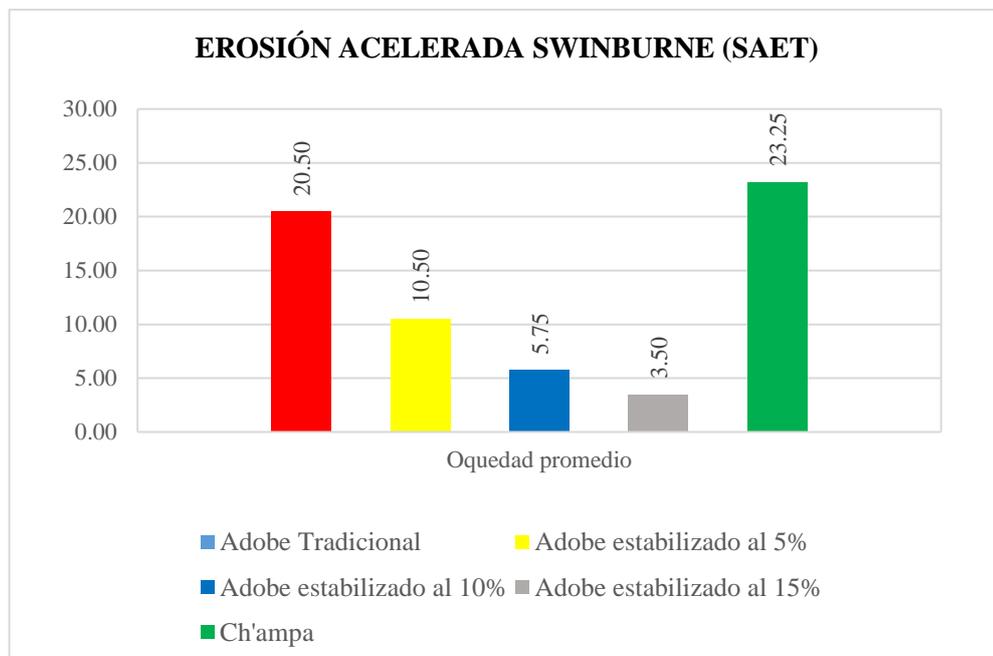
- Los bloques de albañilería tradicional de igual manera a los bloques de Ch'ampa resultaron con una resistencia a la erosión acelerada de baja a nula.
- Los bloques de adobe estabilizado con cemento al 5% resultaron con una resistencia de baja siendo mayor al bloque de albañilería tradicional.

- Los bloques de adobe estabilizado con cemento al 10% resultaron con una resistencia a la Erosión Acelerada (SAET) de media, lo cual nos indica que a mayor % de estabilización con cemento se tiene mayor resistencia.
- Finalmente, los bloques de adobe estabilizado con cemento al 15% resultaron con una resistencia de alta, con el cual se lograría el propósito de mejorar la resistencia a diversos factores de los bloques de adobe con la estabilización con cemento en este caso a la Erosión.

Todos los resultados al ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET) fueron adoptados de acuerdo al criterio de determinación de la oquedad (SAET) plasmada en la tabla 43.

**Tabla 43:** Resistencia en relación a la oquedad – SAET.

Propiedad	Criterio	Resistencia
D, (Profundidad de la oquedad, en mm)	$0 > D > 5$	Alta
	$5 > D > 10$	Media
	$10 > D > 20$	Baja
	$D > 20$	Baja o Nula

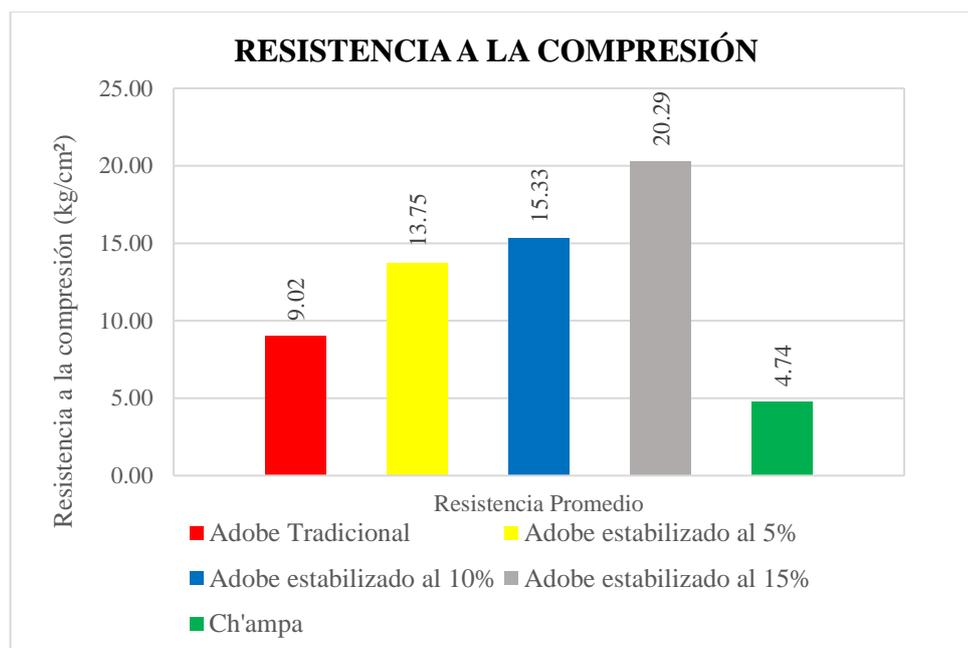


**Figura 58:** Resultados - Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne.

#### 4.1.1.8. Ensayo de resistencia a la compresión

De los resultados se pudo obtener las siguientes afirmaciones:

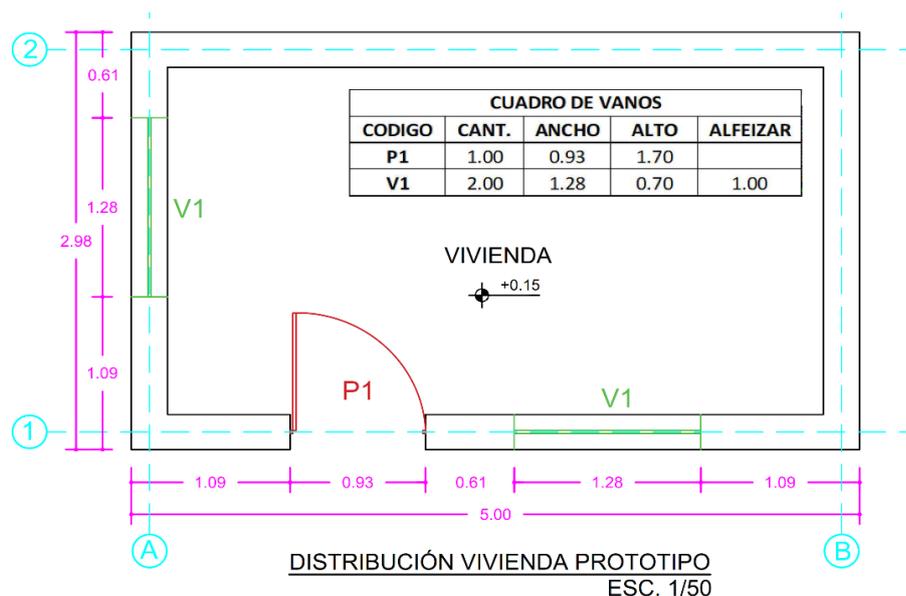
- Los bloques de albañilería tradicional no logran alcanzar la resistencia mínima exigida por la Norma E-080 que especifica como mínimo 12 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando solamente una resistencia de 9.02 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo como causa más probable el tipo de suelo con el que se elaboró los bloques de adobe, el cual fue una aproximación a lo recomendado por la Norma E-080 Adobe (RNE, 2006).
- Las unidades estabilizadas con cemento poseen una mayor resistencia a la compresión superando a la resistencia mínima establecida por la Norma E-080; los bloques de adobe estabilizado al 5% alcanzo una resistencia a la compresión de 13.75 kg/cm<sup>2</sup>, los bloques de adobe estabilizado con cemento al 10% alcanzó una resistencia de 15.33 kg/cm<sup>2</sup> y los bloques de adobe estabilizado con cemento al 15% logró alcanzar una resistencia de 20.29 kg/cm<sup>2</sup> siendo el de mayor resistencia a la compresión frente a los demás bloques en estudio.



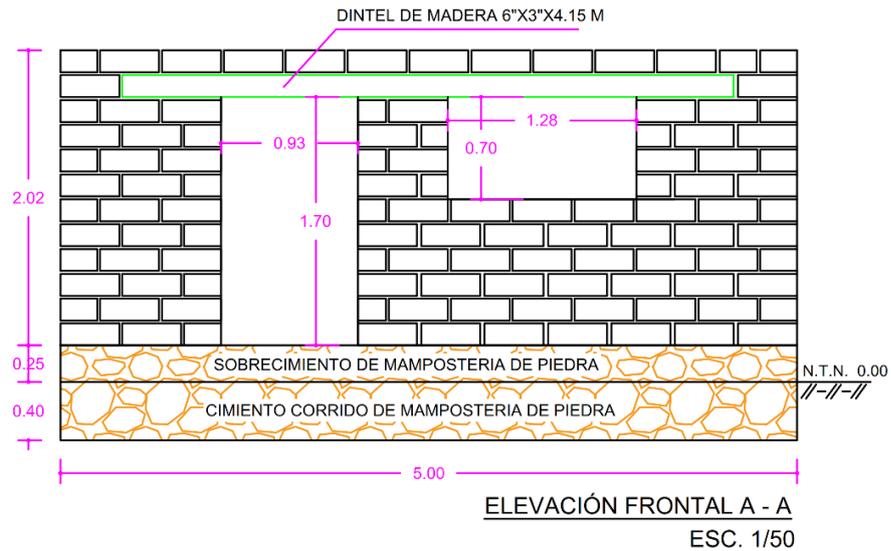
**Figura 59:** Resultados - Ensayo de Resistencia a la Compresión.

#### 4.1.1.9. Propuesta de edificación autoconstruida

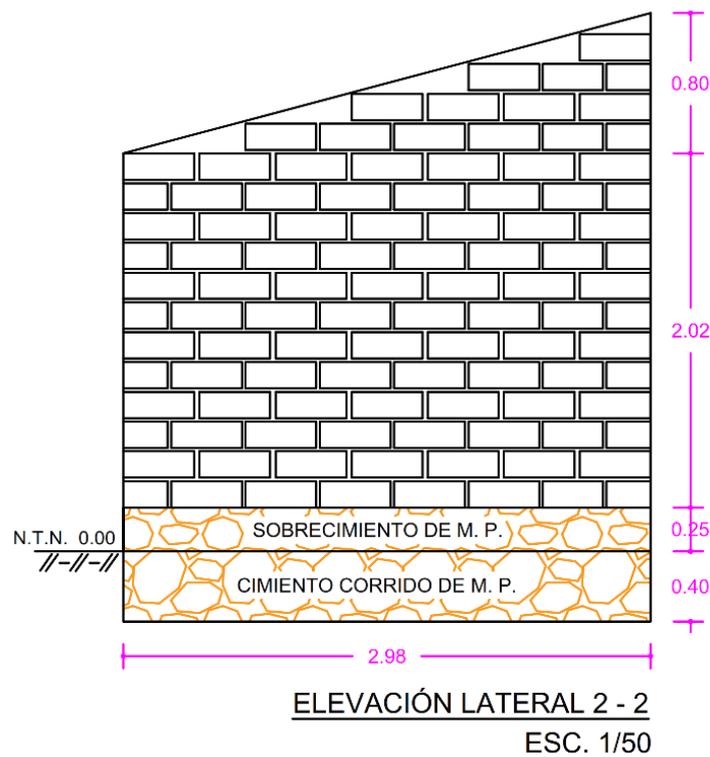
Obtenido las propiedades físico mecánicas de los tipos de bloques analizados se observa que los adobes estabilizados al 5% de cemento presenta resultados ligeramente por encima de un bloque de albañilería tradicional, verificando que los adobes estabilizados con 10 y 15% de cemento obtienen mejores propiedades físico - mecánicas proponemos el uso de adobes estabilizados con estos porcentajes para realizar nuestra propuesta de edificación, para ello calculamos los costos de construcción e insumos y realizar la comparación con los ingresos promedios de familias de bajos recursos económicos. Para definir la propuesta se tomó en cuenta una vivienda prototipo habitualmente edificada por los habitantes del centro poblado Ramis (5 metros de largo por 3 metros de ancho y una altura de 2.30 metros), elaborada con bloques de albañilería tradicional de dimensiones usualmente de 0.40x0.30x0.15 m ó 0.40x0.25x0.15 m, para fines del estudio se usó la dimensión de 0.40x0.25x0.15m con asentado tipo sogá, previa evaluación para determinar el acceso de una familia de escasos recursos económicos al cual está enfocado esta investigación, para ellos se tomó en cuenta los siguientes planos y metrados:



**Figura 60:** Plano de distribución de vivienda Prototipo de adobe.



**Figura 61:** Plano de elevación frontal vivienda prototipo.



**Figura 62:** Plano de elevación lateral vivienda prototipo.

De las figuras 60, 61 y 62 se realizó el metrado de muro de adobe asentado tipo sogá 0.40x0.25x0.15m (tabla 44), mediante el cual determinaremos la cantidad de

bloques de adobe a emplear, y por ende la cantidad de cemento necesario en ambos casos de estabilización (10 y 15%).

**Tabla 44:** Metrado de muros de adobe asentado sogá 0.40x0.25x0.15m.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Largo	Ancho	Altura	Parcial	Total
<b>01</b>	<b>ARQUITECTURA</b>							
	<b>Muro de adobe</b>							
<b>01.01</b>	<b>asentado</b>	<b>M2</b>						<b>32.26</b>
	<b>soga 0.40x0.25x0.15m</b>							
	Eje A-A		1	2.98		2.02	6.02	
	Tímpano		0.5	2.98		0.8	1.19	
	Ventana V1		-1	1.28		0.7	-0.90	
	Eje B-B		1	2.98		2.02	6.02	
	Tímpano		0.5	2.98		0.8	1.19	
	Eje 1-1		1	4.5		2.05	9.23	
	Ventana V1		-1	1.28		0.7	-0.90	
	Puerta P1		-1	0.93		1.7	-1.58	
	Dintel		-1	4.17		0.17	-0.71	
	Eje 2-2		1	4.5		2.82	12.69	

Para determinar la cantidad de cemento a emplear en adobe estabilizados se realizó mediante la ecuación (5), teniendo en cuenta que una bolsa de cemento Portland tipo IP de 42.5 kg contiene 1 Pie cubico de volumen:

- Número de unidades de adobe

$$N = \frac{\text{metrado de muro}}{\text{Area de bloque asentado}} \quad (5)$$

$$N = \frac{32.26 \text{ m}^2}{0.17 \text{ m} \times 0.42 \text{ m}}$$

$$N = 452 \text{ unidades}$$

**Tabla 45:** volumen de cemento por caso de estabilización.

Unidades de Adobe	Cantidad de adobes	Volumen de suelo	Volumen de cemento	Cantidad de cemento (Bls)
Adobe estabilizado con cemento al 10%	452 Und	258.56 <i>Pies</i> <sup>3</sup>	28.73 <i>Pies</i> <sup>3</sup>	29
Adobe estabilizado con cemento al 15%	452 Und	244.22 <i>Pies</i> <sup>3</sup>	43.10 <i>Pies</i> <sup>3</sup>	44

Del valor obtenido mediante la formula (5), se determina el volumen de suelo a emplearse para la elaboración de las 452 unidades de adobe, y determinar el total de cemento para cada caso de estabilización. (tabla 45).

Asumiendo el costo referencial por bolsa de cemento Portland tipo IP de S/. 25 se tiene los costos de S/. 725 y S/. 1,100 para cada caso.

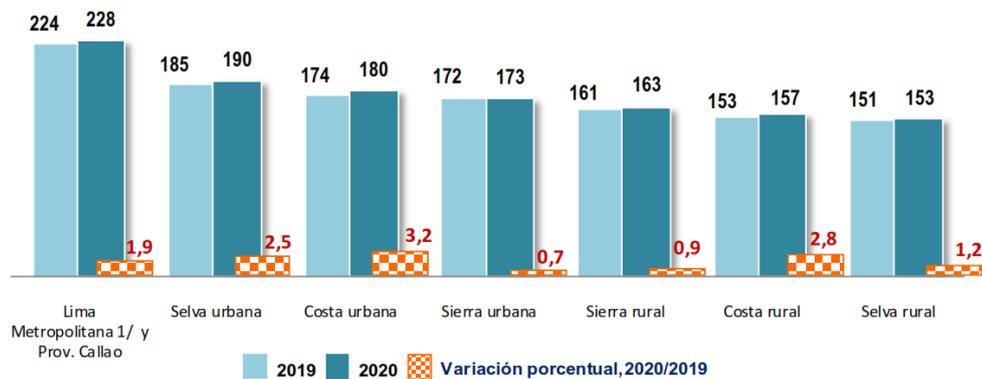
Se realizó la comparación económica con otro tipo de solución para el problema en estudio, un cimiento corrido de 0.50 m de ancho y 0.50 m de profundidad, de concreto ciclópeo y sobrecimiento de concreto de 0.25 m de ancho por 0.30 m de altura obteniendo los resultados de la tabla 50.

**Tabla 46:** Presupuesto referencial de otra alternativa de solución.

Descripción	Unidad	Metrado	Precio unitario (S/.)	Parcial (S/.)
concreto cimiento corrido, mezcla 1:10 + 70% P.G.	m <sup>3</sup>	3.74	144.13	539.06
Sobrecimiento mezcla cemento - hormigón 1:8 + 30% PM	m <sup>3</sup>	1.122	221.08	248.06
<b>Total:</b>				<b>787.11</b>

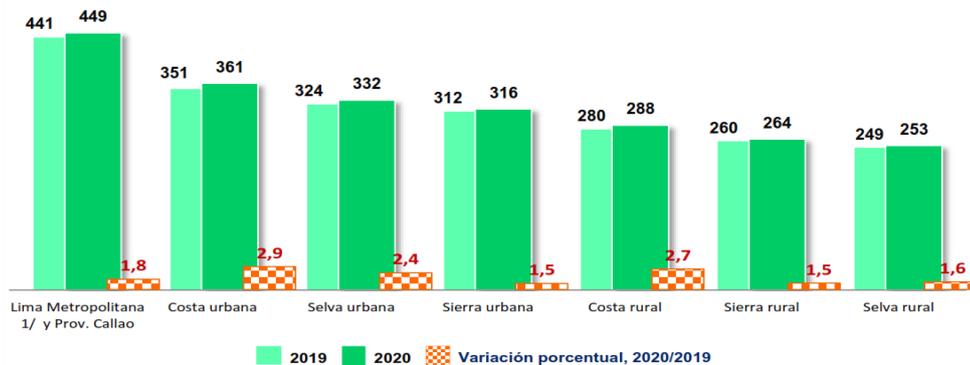
*Nota.* Costos unitarios en referencia al Convenio 012-2020 (PNVR, 2020)

Como referencia de comparación de la propuesta se utilizó las líneas de pobreza y pobreza extrema (figura 64 y 65) de la canasta básica de alimentos, per cápita mensual correspondiente al año 2020 datos contemplados en la encuesta nacional de hogares, 2019 – 2020 (INEI, 2019-2020)



**Figura 63:** Línea de pobreza extrema, según dominios, 2019-2020.

*Nota.* Canasta Básica de Alimentos, Per Cápita mensual en Soles (INEI, 2019-2020)



**Figura 64:** Línea de pobreza, según dominios, 2019-2020.

*Nota.* Canasta Básica de Alimentos, Per Cápita mensual en Soles (INEI, 2019-2020).

Considerando con ingresos familiares a padre y madre, de acuerdo a las figuras 64 y 65 tendríamos ingresos de S/. 326 y S/. 528 mensuales para pobreza extrema y pobreza respectivamente, visualizando las tablas 49 y 50 se puede distinguir que ambas alternativas de solución estarían por encima del ingreso económico de estas familias.

Considerando que las inundaciones afectan directamente la parte inferior de la albañilería de las viviendas se propone emplear el adobe estabilizado con cemento al 15% en las 3 primeras hiladas de asentado de muro (96 unidades de adobe) con un mortero de la misma mezcla del adobe y de esta manera reducir la cantidad de cemento a emplear y por ende el costo de construcción.

**Tabla 47:** cantidad de cemento para alternativa final de solución.

<b>Unidades de Adobe</b>	<b>Cantidad de adobes</b>	<b>Volumen de suelo</b>	<b>Volumen de cemento</b>	<b>Cantidad de cemento (Bls)</b>
Adobe estabilizado con cemento al 15%	96 Und	51.87 <i>Pies</i> <sup>3</sup>	9.15 <i>Pies</i> <sup>3</sup>	10

Adoptando el costo unitario por bolsa de cemento de S/. 25 se requiere un presupuesto de S/. 250, presupuesto que se ajusta al ingreso promedio de las familias de escasos recursos económicos del centro poblado Ramis, Taraco – Huancané.

#### **4.2. Cumplimiento de objetivos y prueba de hipótesis**

A fin de realizar las conclusiones es necesario analizar el cumplimiento de los objetivos trazados para la presente investigación, así mismo es necesario validar los datos y las pruebas de hipótesis planteadas.

##### **4.2.1. Cumplimiento de objetivos**

Realizaremos el análisis respectivo para corroborar el cumplimiento de cada uno de los objetivos que propusimos, en base a los resultados obtenidos en la presente investigación.

#### 4.2.1.1. Objetivos Específicos

El primer objetivo específico planteado en el Capítulo I, ítem 1.5 del cual mostraremos el nivel de cumplimiento es: *“Determinar el comportamiento físico – mecánico del material tradicional (adobe y Ch’ampa) utilizados en construcción de viviendas autoconstruidas convencionalmente por familias de bajos recursos económicos en el centro poblado Ramis, Taraco”*.

**Tabla 48:** Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 01.

N°	Propiedades	Descripción
1	Identificación de las Normas.	Se identifico las normas y protocolos para cada uno de los ensayos, certificados por medio de ellas.
2	Muestreo para ensayos.	Se realiza 3 muestreos en diferentes puntos del centro poblado Ramis, Taraco – Huancané.
3	Elección de muestra para los ensayos.	Tomando en consideración la norma E-080 adobe (RNE, 2006), determinando la granulometría y los límites de Atterberg se elige la muestra más próxima a la gradación recomendada. (ítem 4.1.1.1 y 4.1.1.2).
4	Elaboración de las muestras de adobe.	De acuerdo al Manual para elaboración de adobe (PNVR, 2010) se obtuvo muestras de albañilería tradicional.
5	Muestreo de bloques de Ch’ampa.	Identificando los lugares de extracción de la Ch’ampa se obtuvo bloques para su análisis.
6	Variabilidad Dimensional.	Se determina la variabilidad Dimensional en % con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.3).
7	Alabeo.	Se determina el alabeo en mm con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.4).

8	Succión.	Se determina la succión en gr/min/200cm <sup>2</sup> con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.5).
9	Absorción.	Se determina la absorción en % mediante el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.6).
10	Erosión acelerada de Swinburne (SAET).	Se determina la oquedad en mm, mediante el procedimiento contemplado en la Norma Española UNE 41410 (AENOR, 2008), (ítem 3.8.7).
11	Resistencia a la Compresión.	Se determina la resistencia a compresión en Kg/cm <sup>2</sup> mediante el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.8).

*Nota.* Esquema de análisis (Vitulas Quille, 2021, p. 167)

Se verifica que se ha cumplido con lo establecido en el primer objetivo específico.

Como segundo objetivo específico se ha planteado: “*Determinar las propiedades físico – mecánicas de los bloques de adobe estabilizado con cemento a condiciones de compresión, erosión y humedad.*”

**Tabla 49:** Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 02.

N°	Propiedades	Descripción
1	Elaboración de las muestras de adobe estabilizado.	Se elaboró bloques de adobe estabilizado con cemento a 5, 10 y 15% en volumen.
2	Variabilidad Dimensional.	Se determina la variabilidad Dimensional en % con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.3).
3	Alabeo.	Se determina el alabeo en mm con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.4).

4	Succión.	Se determina la succión en gr/min/200cm <sup>2</sup> con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.5).
5	Absorción.	Se determina la absorción en % mediante el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.6).
6	Erosión acelerada de Swinburne (SAET).	Se determina la oquedad en mm, mediante el procedimiento contemplado en la Norma Española UNE 41410 (AENOR, 2008), (ítem 3.8.7).
7	Resistencia a la Compresión.	Se determina la resistencia a compresión en Kg/cm <sup>2</sup> mediante el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 3.8.8).

*Nota.* Esquema de análisis (Vitulas Quille, 2021, p. 167)

Se verifica que se ha cumplido con lo establecido en el segundo objetivo específico.

El tercer objetivo específico contemplado en la presente investigación: “*Realizar el análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de los tres elementos estudiados; Ch’ampa, bloque de albañilería tradicional y un adobe estabilizado con cemento*”.

**Tabla 50:** Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 03.

N°	Propiedades	Descripción
1	Variabilidad Dimensional.	Se realizó el análisis de resultados de la variabilidad dimensional para los 3 elementos estudiados realizando la comparación mediante los datos obtenidos con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 4.1.1.3).
2	Alabeo.	Se realizó el análisis de resultados del ensayo de alabeo de los 3 elementos estudiados realizando la



	comparación mediante los datos obtenidos con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 4.1.1.4).
3 Succión.	Se realizó la comparación de resultados de los 3 elementos estudiados mediante los datos obtenidos de acuerdo al procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 4.1.1.5).
4 Absorción.	Se realizó la comparación de resultados del ensayo de absorción de los 3 elementos estudiados, mediante los datos obtenidos con el procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 4.1.1.6).
5 Erosión acelerada de Swinburne (SAET).	Se realizó la comparación de resultados del ensayo de erosión acelerada (SAET) mediante los datos obtenidos para los 3 tipos de albañilería estudiados, obtenidos de acuerdo al procedimiento contemplado en la Norma Española UNE 41410 (AENOR, 2008), (ítem 4.1.1.7).
6 Resistencia a la Compresión.	Se realizó la comparación de resultados del ensayo de resistencia a la compresión mediante los datos obtenidos de acuerdo al procedimiento contemplado en la Norma técnica peruana (NTP-399.613, 2005), (ítem 4.1.1.8).

*Nota.* Esquema de análisis (Vitulas Quille, 2021, p. 167)

En la tabla 50 se verifica el cumplimiento con lo contemplado en el tercer objetivo específico.

Como cuarto objetivo específico se tiene: *“Presentar una propuesta de solución al problema de estudio, con el uso de bloques de adobe estabilizado con cemento en la*

*construcción de sus viviendas, al alcance del ingreso económico de familias de bajos recursos económicos.”*

**Tabla 51:** Procedimiento para el cumplimiento de objetivo Esp. 04.

N°	Propuesta	Descripción
1	Edificación autoconstruida en base a adobe estabilizado con cemento.	Se realizó el análisis correspondiente de una vivienda autoconstruida en base a adobe estabilizado con cemento al 10% y 15%, resultando en ambos casos un presupuesto mayor al ingreso económico de familias con escasos recursos económicos. (tabla 49).
2	Comparación con otro tipo de solución al problema del estudio.	Se realizó el análisis comparativo de una vivienda construida con adobe estabilizado y el uso del concreto para cimientos y sobrecimientos, en el cual se obtuvo costos similares y muy por encima del ingreso económico de familias con escasos recursos económicos (tabla 50).
3	Propuesta de construcción al alcance de familias de escasos recursos económicos.	Se propone como alternativa económica la construcción de viviendas empleando adobes estabilizados con cemento al 15% en las primeras 3 hiladas de asentado.

*Nota.* Esquema de análisis (Vitulas Quille, 2021, p. 167)

#### **4.2.1.2. Objetivo General**

Como objetivo general contemplado en el ítem 1.5.1 de esta investigación indicamos: *“Mejorar la resistencia y duración de bloques de adobe con la estabilización de cemento para la edificación de viviendas autoconstruidas por familias de bajos recursos económicos en el centro poblados Ramis, Taraco, Huancané”.*

Para corroborar el cumplimiento del objetivo general se ha determinado las propiedades físico mecánicas de los 3 elementos comparados, realizando los ensayos respectivos contemplados por las normas y cumpliendo con los objetivos específicos.

Para una mejor comparación entre los bloques analizados, se muestra el diagrama de Tornado. (tabla 52)

**Tabla 52:** Acciones para el cumplimiento del objetivo general.

Finalidad	Detalle	Diagrama de Tornado																					
Comparar Adobe VS Adobe Estabilizado al 5% con cemento	El adobe estabilizado con cemento al 5% de volumen presenta menor variabilidad en sus dimensiones, menor alabeo, menor capacidad de succión, paso al ensayo de absorción el cual el adobe convencional no lo hizo, tiene mayor resistencia a la erosión acelerada y finalmente alcanza una mayor resistencia a lo requerido por la Norma E-80 Adobe.	<p><b>DIAGRAMA DE TORNADO ADOBE - ADOBE ESTABILIZADO (5%)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Adobe tradicional</th> <th>Adobe estabilizado al 5%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Variabilidad Dimensional (%)</td> <td>6.75</td> <td>4.88</td> </tr> <tr> <td>Alabeo (mm)</td> <td>4.42</td> <td>3.83</td> </tr> <tr> <td>Succión (gr./min./200cm<sup>2</sup>)</td> <td>22.39</td> <td>19.3</td> </tr> <tr> <td>Absorción (%)</td> <td>No Paso</td> <td>18.7</td> </tr> <tr> <td>Erosion acelerada (mm)</td> <td>20.5</td> <td>10.5</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresion (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>9.02</td> <td>13.75</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Adobe tradicional	Adobe estabilizado al 5%	Variabilidad Dimensional (%)	6.75	4.88	Alabeo (mm)	4.42	3.83	Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	19.3	Absorción (%)	No Paso	18.7	Erosion acelerada (mm)	20.5	10.5	Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	13.75
Parámetro	Adobe tradicional	Adobe estabilizado al 5%																					
Variabilidad Dimensional (%)	6.75	4.88																					
Alabeo (mm)	4.42	3.83																					
Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	19.3																					
Absorción (%)	No Paso	18.7																					
Erosion acelerada (mm)	20.5	10.5																					
Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	13.75																					
Comparar Adobe VS Adobe Estabilizado al 10% con cemento	El adobe estabilizado con cemento al 10% de volumen presenta menor variabilidad en sus dimensiones, menor alabeo, menor capacidad de succión, paso al ensayo de absorción el cual el adobe convencional no lo hizo, tiene mayor resistencia a la erosión acelerada y finalmente alcanza una mayor resistencia a lo requerido por la Norma E-80 Adobe.	<p><b>DIAGRAMA DE TORNADO ADOBE - ADOBE ESTABILIZADO (10%)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Adobe tradicional</th> <th>Adobe estabilizado al 10%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Variabilidad Dimensional (%)</td> <td>6.75</td> <td>3.70</td> </tr> <tr> <td>Alabeo (mm)</td> <td>4.42</td> <td>3.67</td> </tr> <tr> <td>Succión (gr./min./200cm<sup>2</sup>)</td> <td>22.39</td> <td>15.16</td> </tr> <tr> <td>Absorción (%)</td> <td>No Paso</td> <td>14.53</td> </tr> <tr> <td>Erosion acelerada (mm)</td> <td>20.5</td> <td>5.75</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresion (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>9.02</td> <td>15.33</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Adobe tradicional	Adobe estabilizado al 10%	Variabilidad Dimensional (%)	6.75	3.70	Alabeo (mm)	4.42	3.67	Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	15.16	Absorción (%)	No Paso	14.53	Erosion acelerada (mm)	20.5	5.75	Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	15.33
Parámetro	Adobe tradicional	Adobe estabilizado al 10%																					
Variabilidad Dimensional (%)	6.75	3.70																					
Alabeo (mm)	4.42	3.67																					
Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	15.16																					
Absorción (%)	No Paso	14.53																					
Erosion acelerada (mm)	20.5	5.75																					
Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	15.33																					

<p>Comparar Adobe VS Adobe Estabilizado al 5% con cemento</p>	<p>El adobe estabilizado con cemento al 15% de volumen presenta menor variabilidad en sus dimensiones, menor alabeo, menor capacidad de succión, paso al ensayo de absorción el cual el adobe convencional no lo hizo, tiene mayor resistencia a la erosión acelerada y finalmente alcanza una mayor resistencia a lo requerido por la Norma E-80 Adobe.</p>	<p><b>DIAGRAMA DE TORNADO ADOBE - ADOBE ESTABILIZADO (15%)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propiedad</th> <th>Adobe tradicional</th> <th>Adobe estabilizado al 15%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Variabilidad Dimensional (%)</td> <td>6.75</td> <td>2.47</td> </tr> <tr> <td>Alabeo (mm)</td> <td>4.42</td> <td>2.83</td> </tr> <tr> <td>Succión (gr./min./200cm<sup>2</sup>)</td> <td>22.39</td> <td>11.03</td> </tr> <tr> <td>No Paso Absorción (%)</td> <td>-</td> <td>8.86</td> </tr> <tr> <td>Erosión acelerada (mm)</td> <td>20.5</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>9.02</td> <td>20.29</td> </tr> </tbody> </table>	Propiedad	Adobe tradicional	Adobe estabilizado al 15%	Variabilidad Dimensional (%)	6.75	2.47	Alabeo (mm)	4.42	2.83	Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	11.03	No Paso Absorción (%)	-	8.86	Erosión acelerada (mm)	20.5	3.5	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	20.29
Propiedad	Adobe tradicional	Adobe estabilizado al 15%																					
Variabilidad Dimensional (%)	6.75	2.47																					
Alabeo (mm)	4.42	2.83																					
Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	11.03																					
No Paso Absorción (%)	-	8.86																					
Erosión acelerada (mm)	20.5	3.5																					
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	20.29																					
<p>Comparar Adobe VS Adobe Estabilizado al 5% con cemento</p>	<p>El Bloque de Ch'ampa mejores propiedades físico – mecánicas frente a un adobe convencional, presenta menor variabilidad dimensional, menor alabeo, paso al ensayo de absorción el cual el adobe convencional no lo hizo, tiene un mejor comportamiento a solicitaciones de humedad.</p>	<p><b>DIAGRAMA DE TORNADO ADOBE - CH'AMPA</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propiedad</th> <th>Adobe tradicional</th> <th>Ch'ampa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Variabilidad Dimensional (%)</td> <td>6.75</td> <td>4.46</td> </tr> <tr> <td>Alabeo (mm)</td> <td>4.42</td> <td>2.08</td> </tr> <tr> <td>Succión (gr./min./200cm<sup>2</sup>)</td> <td>22.39</td> <td>45.74</td> </tr> <tr> <td>No Paso Absorción (%)</td> <td>-</td> <td>52.13</td> </tr> <tr> <td>Erosión acelerada (mm)</td> <td>20.5</td> <td>23.25</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>9.02</td> <td>4.74</td> </tr> </tbody> </table>	Propiedad	Adobe tradicional	Ch'ampa	Variabilidad Dimensional (%)	6.75	4.46	Alabeo (mm)	4.42	2.08	Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	45.74	No Paso Absorción (%)	-	52.13	Erosión acelerada (mm)	20.5	23.25	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	4.74
Propiedad	Adobe tradicional	Ch'ampa																					
Variabilidad Dimensional (%)	6.75	4.46																					
Alabeo (mm)	4.42	2.08																					
Succión (gr./min./200cm <sup>2</sup> )	22.39	45.74																					
No Paso Absorción (%)	-	52.13																					
Erosión acelerada (mm)	20.5	23.25																					
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	9.02	4.74																					

*Nota.* Esquema de discusión de Resultados (Vitulas Quille, 2021, p. 173).

Con lo plasmado en la tabla 52 se da validez a los análisis y datos obtenidos en la presente investigación asimismo se demuestra el cumplimiento a los objetivos propuestos, demostrando que los adobes estabilizados con cemento tienen mejores características frente a un elemento de albañilería tradicional.

## 4.2.2. Prueba de Hipótesis

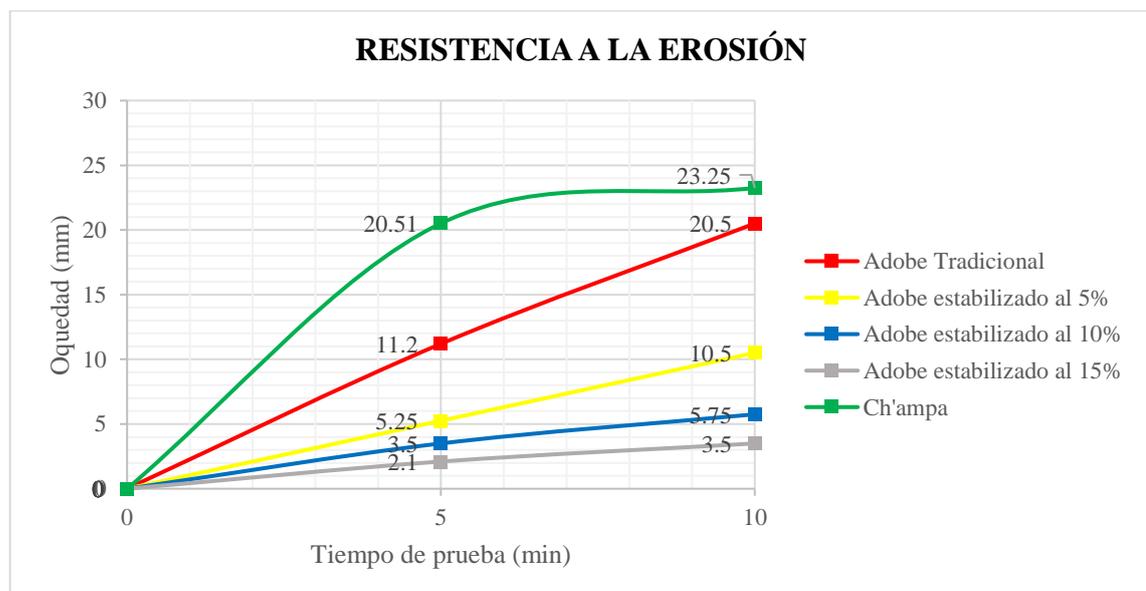
### 4.2.2.1. Hipótesis Especificas

Para su evaluación se ha desagregado la variable en cada hipótesis y realizado la prueba de hipótesis estadística en forma independiente para cada caso.

Como primera hipótesis se tiene: “*Los bloques de adobe reforzados con un porcentaje de cemento serán significativamente más resistentes a las condiciones extremas de humedad*”.

Para demostrar la validez de esta hipótesis se realizó el ensayo de la erosión acelerada SAET con el cual medimos la resistencia, a condiciones extremas de humedad.

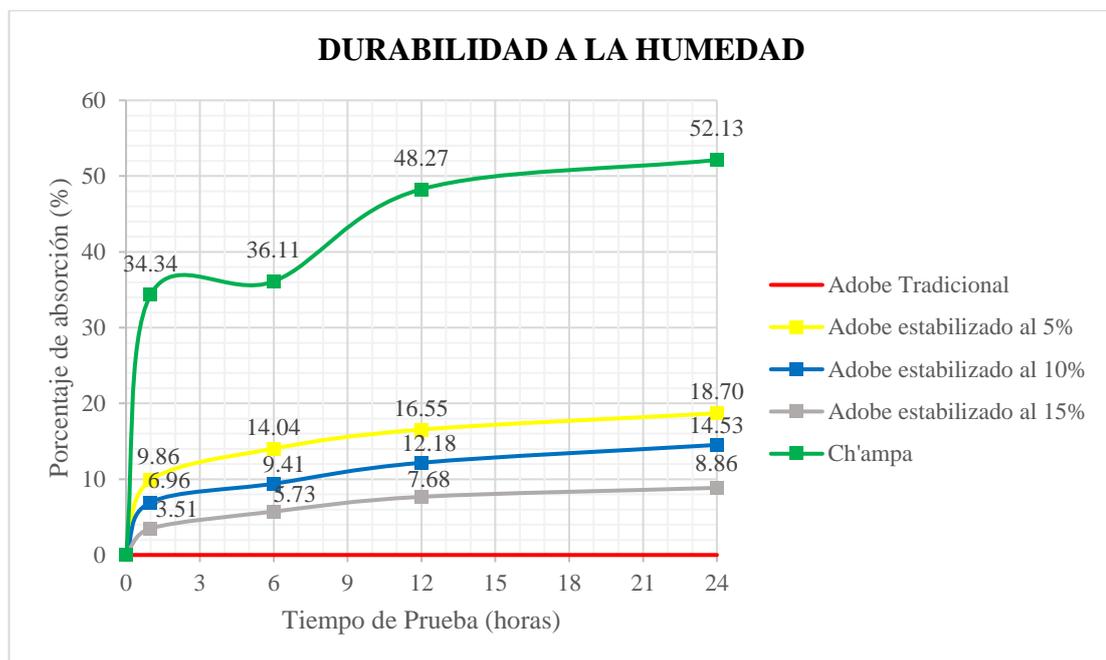
De la figura 65 se puede observar que los adobes estabilizados con cemento alcanzan menores índices de erosión frente a los bloques de albañilería tradicional (adobe y Ch'ampa), por lo que demostramos y damos la validez a la hipótesis afirmando que los bloques de adobe estabilizado con cemento son más resistentes a condiciones extremas de humedad.



**Figura 65:** Prueba de Hipótesis (Resistencia a la Erosión).

Como segunda hipótesis se tiene: “Los bloques de adobe reforzados con un porcentaje de cemento tendrán una durabilidad mayor a las condiciones extremas de humedad”.

Para demostrar la validez de esta hipótesis se realizó el ensayo de la absorción, realizada durante 24 horas, con resultados parciales a los intervalos de tiempo de 1, 6, 12, 24 horas con el cual medimos la durabilidad, a condiciones extremas de humedad.



**Figura 66:** Prueba de Hipótesis (Durabilidad a la humedad).

En la figura 66 se puede observar que los bloques de adobe estabilizado con cemento registran menor porcentaje de absorción frente a los bloques de albañilería tradicional (adobe y Ch'ampa) por lo que afirmamos que los bloques de adobe estabilizado con cemento tienen mayor durabilidad a condiciones extremas de humedad, dicho esto se queda demostrada y validada la hipótesis.



Como tercera hipótesis se tiene: *“Los bloques de adobe reforzados con un porcentaje de cemento tendrán mejores características físicas que el material de construcción tradicional (adobe y Ch’ampa)”*.

Para demostrar su validez de esta hipótesis se realizó los ensayos de absorción y erosión acerada (SAET), de los gráficos mostrados en las figuras 65 y 66 se puede afirmar que los bloques reforzados con un porcentaje de cemento tienen mejores características físicas frente a los bloques de albañilería tradicional, por ende, queda demostrado y validado esta hipótesis.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las propiedades físico mecánicas - obtenidas mediante los ensayos contemplados en la Norma E-070 Albañilería (RNE, 2006) se puede afirmar que los bloques de albañilería tradicional no cumplen con la resistencia a las condiciones a humedad, lo cual conlleva a los colapsos de las viviendas autoconstruidas expuestas a fenómenos naturales como las inundaciones, por otro lado se observó que la Ch'ampa a pesar de tener una mayor capacidad de succión y absorción no pierde la consistencia por lo que podemos afirmar que tiene una mayor resistencia ante condiciones extremas de humedad corroborando con lo afirmado por (Vitulas Quille, 2021) “los bloques de Ch'ampa tienen una característica que no comparten con ningún otro material constructivo, el cual es un refuerzo interno a modo de ligante o adherente natural, formado por las raíces” (p. 180). Cabe señalar que existen tipos de Ch'ampa de acuerdo a las plantas silvestres de las cuales están conformadas el cual es tema de investigación para determinar los comportamientos físico - mecánicos de cada una de ellas.

De los ensayos realizados a unidades de adobe estabilizado se obtuvo las propiedades físico – mecánicas para cada caso de estabilización en los que se pudo observar a condiciones de humedad (Succión y Absorción), cuanto mayor fue el volumen añadido de cemento, presentó mayor resistencia a la humedad y menor porcentaje de absorción retardando así su saturación el cual es el principal factor para el colapso de los mismos, dotando así de un mayor tiempo de evacuación de sus habitantes ante una posible inundación; de acuerdo al ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET) se observó que los adobes estabilizados con 15% de cemento en volumen presentan mayor resistencia a la erosión que los bloques estabilizados con 5 y 10% de cemento en volumen; de igual manera de los ensayos de resistencia a la compresión se observó que cuanto



mayor fue el volumen de cemento añadido, mayor fue la resistencia alcanzada, resumiendo los bloques estabilizados con cemento presentan mejores propiedades físico mecánicas a condiciones de compresión, erosión y humedad.

Comparado los resultados de los adobes estabilizados frente a los adobes convencionales se pudo observar que los adobes estabilizados alcanzaron mayores propiedades frente a las condiciones de humedad erosión y compresión, los adobes convencionales no pasaron la prueba de absorción perdiendo su consistencia a menos de 60 minutos de ensayo, sin embargo los adobes en los 3 casos de estabilización lograron resistir las 24 horas a la prueba de absorción sin pérdida de su consistencia, por otra parte los bloques de Ch'ampa se saturaron aceleradamente sin perder su consistencia provocando otro tipo de efecto al de los adobes; en las pruebas a compresión los adobes estabilizados con 5% de cemento alcanza una resistencia del 52.44% más que un bloque de albañilería tradicional, los adobes estabilizados con el 10% de cemento incrementa en un 70.05% su resistencia a la compresión frente a un bloque de albañilería tradicional y finalmente los adobes estabilizados al 15% de cemento superan a un bloque de albañilería tradicional en un 124.99% en su resistencia a la compresión, concluyendo una vez más que los adobes estabilizado con cemento tienen mejores propiedades físico – mecánicas.

Se propone la edificación de viviendas autoconstruidas con el uso de bloques estabilizados con cemento al 15% en volumen, en las 3 primeras hiladas, sobre un cimiento corrido de mampostería de piedra, a fin de reducir los costos de construcción y lograr el acceso a familias de escasos recursos económicos del centro poblado Ramis, Taraco, Huancané en la región de Puno.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la población en general del centro poblado Ramis, distrito de Taraco provincia de Huancané - Puno la elaboración de los adobes con el uso de la estabilización con cemento portland tipo IP, con una proporción 1:6 de cemento – tierra para la edificación de sus viviendas, y garantizar una mayor resistencia a los fenómenos naturales que los aquejan.

Para fines de elaboración de adobes estabilizados se recomienda realizar la mezcla con cemento en proporciones no muy altas, a fin de evitar su fraguado y perder la trabajabilidad de la mezcla.

Se recomienda para futuros proyectos de investigación realizar la estabilización de los bloques de albañilería tradicional con materiales propuestos por la Norma E-080, para el mejoramiento de las propiedades física mecánicas de estos.

Se recomienda seleccionar el material de acuerdo a la gradación especificada por la Norma E-080 Adobe (RNE, 2006) para la fabricación de bloques de albañilería tradicional y adobe estabilizado, esperando obtener mejores propiedades físico mecánicas a los testigos de esta investigación.

Se recomienda el uso de la Ch'ampa, elemento de albañilería ancestral como una alternativa de material de construcción para la edificación de viviendas pequeñas como los Putucos, en los que presentara mejores propiedades físico – mecánicas obteniendo una alta duración a condiciones extremas causadas por los fenómenos naturales.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR. (2008). *NORMA ESPAÑOLA - UNE 41410 - Bloques de tierra comprimido para muros y tabiques definiciones, especificaciones y metodos de ensayo*. Madrid, España.
- Cabrera Arias, D., & Huaynate Granados, W. (2010). *Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones*.
- Cabrera, S., & González, A. (2021). *Resistencia a erosión húmeda en bloques de tierra comprimida. Evaluacion de diferentes métodos para el analisis de resultados*. Buenos Aires - Argentina.
- Chuya Sumba, E. C., & Ayala Zumba, M. F. (2018). *Comparación de parametros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio*. Cuenca - Ecuador.
- Contrina Mendoza, A., Limay Silva, W., & López Alejandria, D. (2014).. (Artículo Científico) Universidad Privada Del Norte, Cajamarca, Perú.
- De La Peña Estrada, D. (1997). *Adobe, características y sus principales usos en la construcción*.
- Hernández Sampieri, R. (2017). *Metodología de la Investigación*. Mexico.
- Huanca Chambi, C. A. (2020). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas existentes de adobe con dos pisos en la ciudad de Ayaviri*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.



- Huarice Inacio, E. J. (2019). *Metodología de Investigación*.
- Hurtado de Barrera, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas, Venezuela.
- INDECI. (2019). *características de la construcción de la vivienda*.
- INDECI. (2020). *Inundaciones en el distrito de Saman - Puno, REPORTE COMPLEMENTARIO N° 1205-6/3/2020/COEN-INDECI*. Puno.
- INEI. (2009-2020). *Evolucion de la pobreza monetaria*. Lima. Informe técnico. Lima, Perú. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/cifras-de-pobreza/>
- INEI. (2019-2020). *Encuesta Nacional de Hogares*. “Censos Nacionales 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas” Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.
- Jimenez Salas, J. A., & De Justo Alpañes, J. L. (1975). *GEOTECNIA Y CIMIENTOS I - Propiedades de los suelos y de las rocas*. Madrid - España: RUEDA.
- La Torre Palacios, K. S., & Soriano Rodriguez, B. L. (2021). *La Ch'ampa como sistema alternativo en construcción de viviendas altoandinas sostenibles*. (Tesis de pregrado) Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Lulichac Sáenz, F. C., & Mosqueira Moreno, M. Á. (2015). *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca*. (Tesis de Pregrado) Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.
- Mamani Condori, R. E. (2017). *Prototipo de Vivienda con adobe mejorado en el Distrito de Chupa - Azángaro*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.



- Morales Morales, M. D. (1997). *Construcción de viviendas con adobe, recomendaciones para su habitabilidad*. (Tesis de pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Morales Morales, R., Torres Cabrejos, R., Rengifo, L., & Irala Candiotti, C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. CISMID-FIC-UNI.
- Moreno Huarac, P. E. (2019). *Evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de adobe con tiras de caucho respecto a una unidad de adobe tradicional, cusco 2019*. Cusco.
- Mosquera Calderón, M. A. (2018). *Variación de las propiedades físico mecánicas del Adobe al incorporar viruta y caucho*. Cajamarca - Perú.
- NTP-399.613. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*.
- Paytan Dueñas, N., & Perez Salazar, Z. M. (2018). *Uso de lano de ovino en ladrillos de tierra estabilizadas, para muros de albañilería en el distrito-provincia de Huancavelica - 2018*. Huancavelica - Perú.
- PNVR. (2010). *Manual para elaboración de adobe*.
- Quispe Acosta, J. A., & Rondon Durand, S. M. (2012). *Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe. Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos*. Lima.
- RNE. (2006). *Norma E-070 Albañilería*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.
- RNE. (2006). *Norma E-080-Adobe*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.



- RNE. (2017). *Norma Técnica Peruana E-080, diseño y construcción con tierra reforzada*. Anexo - Resolución Ministerial N° 121-2017-VIVIENDA. Lima, Perú.
- Romero Cuentas, V. I., & Callasi Venero, C. D. (2017). *Estudio Comparativo de las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe tradicional frente a las unidades de adobe estabilizado con asfalto*. (Tesis de pregrado) Universidad Andina del Cusco, Perú.
- Salinas Valdéz, E. J. (2017). *Viviendas económicas en adobe de 02 pisos*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- SENAMHI. (2018). *"Avisos hidrológicos regionales" Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú*. Puno.
- Siavichay, D., & Narváez M., J. (2010). *Propuesta de mejoramiento de las características técnicas del adobe para la aplicación en viviendas unifamiliares emplazadas en el área periurbana de la ciudad de Cuenca*.
- Sotomayor Quintana, L. A. (2018). *Diseño y proceso constructivo de una vivienda de adobe en Cauquenes*. Santiago - Chile.
- Toirac Corral, J. (2008). *El suelo-cemento como material de construcción*. (Revista científica) Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana.
- Torres Ramirez, A. (2012). *Comportamiento Sísmico de adobe confinado variable: refuerzo horizontal*.
- Vitulas Quille, Y. T. (2015). *Etnoingeniería en construcciones rurales tipo putucos del Altiplano Puneño Perú*.



Vitulas Quille, Y. T. (2021). *Estudio de la Ch'ampa como tecnología tradicional y medio ambiental en la construcción de viviendas rurales tipo Putucos, región Puno.*  
(Tesis de Posgrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.



## ANEXOS

**ANEXO A:** Certificados de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y control de calidad (GEOPOL E.I.R.L.).

**ANEXO B:** Evidencias fotográficas del procedimiento de la investigación.