



Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



“Tesis”

---

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra  
cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú  
– San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

---

Presentado por:

Cornejo Gómez, Oscar Octavio

012200051e

Figuroa Madera, Jharolh Gerardo

012200715k

Asesora:

Mgt. Ing. Sovero Ancheyta, Simone Karim

Cusco – Perú



## DEDICATORIA

### A MI MADRE

Gloria Gómez Ortega, por estar a mi lado en todo momento y brindarme tu apoyo incondicional en cualquier circunstancia, también por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia venceré todo obstáculo que se presente.

### A MI HERMANO

Fabrizzio Zezé Cornejo Gómez, por ser mi inspiración y fuerza, y recordarte que siempre estaré a tu lado para guiarte y aconsejarte.

### A MI ABUELA

Paulina Ortega Romero, por el amor inmenso que me brindas y por estar apoyándome siempre.

### A MI TÍO

Wilbert Gómez Ortega, por los consejos, por guiarme y darme el ejemplo en los tiempos adversos, ahora sé que siempre existe una solución para cada problema.

A MIS AMIGOS, por ser incondicionales y brindarme su amistad sincera.

**Oscar Octavio Cornejo Gómez**

### A DIOS

Por haberme permitido llegar a este punto con salud, fuerza y decisión, darme la voluntad y firmeza en los momentos que necesité para llegar a mis objetivos y metas.

### A MI PADRE

Feliciano Figueroa Medina, por enseñarme lo que es la constancia y luchar por alcanzar las metas que uno se ponga, también por darme un apoyo incondicional.

### A MI MADRE

Felicia Madera Rojas, por ser siempre la que estaba conmigo en los momentos de más angustia y darme su mano para poder salir adelante de todo.

### A MI HERMANA

Emily Figueroa Madera, por ayudarme en todo lo que necesite y brindarme un respaldo único en el camino.

A MIS AMIGOS, quienes siempre me apoyaron y me brindaron su amistad sincera.

**Jharolh Gerardo Figueroa Madera**

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



## AGRADECIMIENTOS

### **A DIOS**

Por permitirme cumplir esta meta

### **A MI MADRE**

Gloria Gómez Ortega, por la paciencia, el amor y la confianza que depositaste en mí para poder realizar esta investigación.

### **A LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

Por la formación académica y los valores inculcados para poder ser un profesional con ética.

### **A MI ASESORA**

Mgt. Ing. Sovero Ancheyta, Simone Karim, por demostrar dedicación necesaria para esta investigación de gran importancia y por guiarme durante todo el proceso.

**Oscar Octavio Cornejo Gómez**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda colaboraron con la realización del presente trabajo de investigación.

### **A DIOS**

Por darme la bendición de estar alcanzando este importante paso en mi vida.

### **A MIS PADRES Y HERMANA**

Por brindarme su amor, apoyo y depositar la confianza necesaria en mí para poder hacer posible esta investigación.

### **A LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

Por formarme como una persona de bien y así poder ser un hombre de bien en la sociedad.

### **A MI ASESORA**

Mgt. Ing. Sovero Ancheyta, Simone Karim, por guiarme y orientarme a lo largo de todo el desarrollo de la presente investigación.

### **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

Por su apoyo directo o indirecto en la elaboración de la presente investigación.

**Jharolh Gerardo Figueroa Madera**

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



## RESUMEN

En esta investigación se propuso elaborar ladrillos de tierra comprimida, estabilizadas con un aditivo eco amigable llamado CONSOLID, el cual se prepara con dos componentes: un componente líquido, llamado C444 y un componente sólido, llamado Solidry. El primer componente (líquido), le otorga al suelo la propiedad de aglomerar sus partículas, lo cual mejora su capacidad de compresión y su resistencia a compresión. El segundo componente (sólido), le otorga al suelo propiedades de impermeabilidad, lo que disminuye los efectos de absorción y succión del bloque e incrementa su tiempo de durabilidad.

Para desarrollar esta investigación, se escogieron dos suelos de estudio: un suelo de la zona de Tambillo (distrito de Cusco) y otro de la zona de PetroPerú (distrito de San Jerónimo) de la ciudad de Cusco. Se estudiaron las propiedades físico- mecánicas del suelo con el objetivo de calcular su límite líquido ( $LL$ ) y su humedad óptima de compactación ( $W_{opt}$ ). Con estos resultados se realizaron ensayos previos de ladrillos con diferentes porcentajes de humedad (que variaban entre  $W_{opt}$  y  $LL$ ), para hallar el porcentaje óptimo de compactación de los ladrillos. Con esta humedad óptima se fabricaron 150 ladrillos de tierra, con cinco diferentes dosificaciones del componente líquido C444 (0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4  $l/m^3$ ). Estos ladrillos se sometieron a ensayos de compresión simple, dando como resultado que con la dosificación de 1.8  $l/m^3$  y 1.2  $l/m^3$  se obtenían los mejores resultados de resistencia a compresión para Tambillo y PetroPerú, respectivamente. Luego, con esta dosificación óptima de C444, se fabricaron 90 ladrillos con diferentes dosificaciones del componente Solidry (10, 30 y 50  $kg/m^3$ , para Tambillo y 30, 50 y 70  $kg/m^3$ , para PetroPerú) y nuevamente se sometieron a ensayos de compresión simple. Los mejores resultados de resistencia se obtuvieron con 50  $kg/m^3$  y 70  $kg/m^3$ , para Tambillo y PetroPerú, respectivamente. Finalmente, se realizaron ensayos de variación dimensional, succión, alabeo, absorción y módulo de rotura, con el objetivo de comparar los resultados con los valores que se especifican en la Norma E.070 (2006).

Como resultados, se obtuvo que los ladrillos de tierra elaborados con el suelo de Tambillo alcanzan una resistencia a compresión de 28.09  $kg/cm^2$  y de 10.59  $kg/cm^2$  para el suelo de Tambillo y PetroPerú, respectivamente. Estos valores no son comparables con los ladrillos de arcilla cocida pero si, superan al adobe. Por otro lado, los ladrillos mostraron muy buen comportamiento en los ensayos de absorción, lo que demuestra que el aditivo

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Solidry trabaja de manera eficiente. Finalmente, esta investigación se propone como un antecedente para realizar mayores investigaciones usando el aditivo CONSOLID.

**Palabras clave:** ladrillos de tierra comprimida, sistema CONSOLID, resistencia a la compresión, durabilidad.



## ABSTRACT

In this research it was proposed to make compressed earth bricks, stabilized with an eco friendly additive called CONSOLID, which is prepared with two components: a liquid component, called C444 and a solid component, called Solidry. The first component (liquid) gives the soil the property of agglomerating its particles, which improves its compression capacity and compressive strength. The second component (solid), gives the soil impermeability properties, which decreases the effects of absorption and suction of the block and increases its durability time.

To develop this research, two study soils were chosen: a floor in the Tambillo area (Cusco district) and another in the PetroPerú area (San Jerónimo district) of the city of Cusco. The physical-mechanical properties of the soil were studied in order to calculate its liquid limit (LL) and its optimum compaction humidity (Wopt). With these results previous tests of bricks with different percentages of humidity (that varied between Wopt and LL) were made, to find the optimal percentage of compaction of the bricks. With this optimum humidity, 150 bricks of earth were manufactured, with five different dosages of the liquid component C444 (0, 0.6, 1.2, 1.8 and 2.4 l/m<sup>3</sup>). These bricks were subjected to simple compression tests, with the result that with the dosage of 1.8 l/m<sup>3</sup> and 1.2 l/m<sup>3</sup>, the best compression resistance results were obtained for Tambillo and PetroPerú, respectively. Then, with this optimal dosage of C444, 90 bricks were manufactured with different dosages of the Solidry component (10, 30 and 50 kg/m<sup>3</sup>, for Tambillo and 30, 50 and 70 kg/m<sup>3</sup>, for PetroPerú) and again they were submitted to tests of simple compression. The best resistance results were obtained with 50 kg/m<sup>3</sup> and 70 kg/m<sup>3</sup>, for Tambillo and PetroPerú, respectively. Finally, tests of dimensional variation, suction, warping, absorption and modulus of rupture were carried out, in order to compare the results with the values specified in Standard E.070 (2006).

As a result, it was obtained that the earth bricks made with Tambillo soil reach a compressive strength of 28.09 kg/cm<sup>2</sup> and 10.59 kg/cm<sup>2</sup> for the soil of Tambillo and PetroPerú, respectively. These values are not comparable with clay bricks but yes, they exceed the adobe. On the other hand, the bricks showed very good behavior in the absorption tests, which shows that the Solidry additive works efficiently. Finally, this research is proposed as an antecedent to carry out further investigations using the CONSOLID additive.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



**Key words:** compressed earth bricks, CONSOLID system, compressive strength, durability.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



## INTRODUCCIÓN

La idea de generar una nueva unidad de albañilería, elaborada en base a tierra cruda estabilizada con el sistema CONSOLID, nace con las observaciones que se realizaron al momento de hacer formaciones de base y sub-base de carreteras estabilizadas con este sistema. Al mezclar la tierra con el sistema CONSOLID se notó un incremento exponencial del valor del CBR, generando suelos más compactos y a la vez impermeables. Por lo tanto, en esta investigación se propuso extrapolar esta mejora, en las propiedades del suelo, a la fabricación de una unidad de tierra cruda y estabilizada con el sistema CONSOLID, compactada con la ayuda de una máquina compresora manual, para obtener una unidad con propiedades de resistencia e impermeabilidad.

Como resultado se esperaba encontrar una unidad capaz de competir con la unidad de albañilería de arcilla cocida y con la unidad de albañilería de tierra cruda estabilizada con paja de tal manera que se, superen las propiedades físico-mecánicas de dichas unidades. Adicionalmente, el objetivo era contribuir proteger el ecosistema, debido a que estas nuevas unidades de albañilería, no necesitan ser quemadas para alcanzar la resistencia adecuada.

Las propiedades que se tomaron en cuenta para comparar las unidades de albañilería de tierra cruda, estabilizadas con el sistema CONSOLID fueron: Variación Dimensional, Alabeo, Resistencia a la Compresión, Módulo de Rotura, Succión y Absorción.

Para la sociedad es importante tener unidades de albañilería de tierra cruda que sean resistentes frente a fuerzas de sismos y pueda tener un periodo de durabilidad mayor, puesto que algunas regiones son más propensas que otras a sufrir un sismo dependiendo de la zonificación sísmica que presente.





**Índice General**

DEDICATORIA ..... i

AGRADECIMIENTOS ..... ii

RESUMEN ..... iii

Palabras clave: ladrillos de tierra comprimida, sistema CONSOLID, resistencia a la compresión, durabilidad ..... iv

ABSTRACT ..... v

INTRODUCCIÓN ..... vii

CAPÍTULO I ..... 1

1. Planteamiento del Problema ..... 1

1.1 Identificación del Problema ..... 1

1.1.1 Descripción del problema ..... 1

1.1.2 Formulación interrogativa del problema ..... 2

1.2 Justificación e Importancia de la Investigación ..... 3

1.2.1 Justificación técnica..... 3

1.2.2 Justificación social ..... 3

1.2.3 Justificación por viabilidad ..... 4

1.2.4 Justificación por relevancia..... 4

1.3 Limitaciones de la Investigación..... 4

1.3.1 Limitaciones de orden geográfico ..... 4

1.3.2 Limitaciones de tiempo..... 4

1.3.3 Limitaciones por el material ..... 4

1.3.4 Limitación de pruebas ..... 5

1.3.5 Limitación de fabricación ..... 5

1.4 Objetivo de la investigación ..... 5

1.4.1 Objetivo General ..... 5

1.4.2 Objetivos Específicos ..... 6

Capítulo II..... 7

2. Marco Teórico..... 7

2.1 Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual..... 7

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional..... 7

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional..... 8

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes ..... 9

2.2.1 Unidad de albañilería..... 9

2.2.2 Ensayos de clasificación de suelos..... 15

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



2.2.3 Sistema CONSOLID ..... 28

2.3 Hipótesis ..... 30

2.3.1 Hipótesis general ..... 30

2.3.2 Sub hipótesis ..... 31

2.4 Definición de Variables ..... 31

2.4.1 Variables independientes ..... 31

2.4.2 Variables dependientes ..... 31

2.4.1. Cuadro de operacionalización de variables..... 33

CAPÍTULO III ..... 34

3. Metodología ..... 34

3.1 Metodología de la Investigación ..... 34

3.1.1 Enfoque de la investigación ..... 34

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación ..... 34

3.1.3 Método de investigación..... 34

3.2 Diseño de la Investigación..... 34

3.2.1 Diseño metodológico ..... 34

3.2.2 Diseño de ingeniería ..... 35

3.3 Población y Muestra..... 40

3.3.1 Población ..... 40

3.3.2 Muestra ..... 40

3.3.3 Criterios de inclusión..... 41

3.4 Instrumentos..... 41

3.4.1 Instrumentos metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos ..... 41

3.4.2 Instrumentos de Ingeniería..... 47

3.5 Procedimientos de Recolección de Datos..... 47

3.5.1 Muestreo de Suelo ..... 47

3.5.2 Ensayos de Suelos ..... 48

3.5.3 Ensayos de Propiedades Mecánicas ..... 60

3.5.4 Ensayos de Propiedades Físicas ..... 87

3.6 Procedimientos de Análisis de datos ..... 95

CAPÍTULO IV ..... 128

4. Resultados..... 128

4.1 Resultados de Ensayos de Suelos..... 128

4.1.1 Resultado de Límites de Consistencia ..... 128

4.1.2 Resultado de Granulometría y Clasificación de Suelos..... 128

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



4.1.3 Resultado del Ensayo Próctor Modificado .....	129
4.2 Resultados de Ensayos Mecánicos .....	130
4.2.1 Resultados de Ensayo de Resistencia a Compresión.....	130
4.2.2 Resultados del Ensayo de Módulo de Rotura .....	132
4.3 Resultados de Ensayos de Propiedades Físicas .....	133
4.3.1 Resultados de Variación Dimensional.....	133
4.3.2 Resultados del Ensayo de Alabeo .....	133
4.3.3 Resultados del ensayo de Succión.....	134
4.3.4 Resultados del ensayo de Absorción .....	134
CAPÍTULO V.....	135
5.1 Contraste de Resultados con Referentes del Marco Teórico .....	135
5.2 Interpretación de los Resultados Encontrados en la Investigación .....	137
5.3 Comentario de la Demostración de la Hipótesis .....	137
5.4 Aporte de la Investigación .....	138
CONCLUSIONES .....	139
RECOMENDACIONES .....	142
REFERENCIAS .....	143
ANEXO 1 .....	144
ANEXO 2 .....	150
ANEXO 3 .....	154

### Índice de Figuras

Figura N° 1: Ámbito Geográfico de la Investigación. ....	2
Figura N° 2: Resistencia a Tracción por Flexión.....	12
Figura N° 3: Medición de Alabeo (concavidad y convexidad). ....	14
Figura N° 4: Disposición para el Ensayo de Succión. ....	15
Figura N° 5: Procedimiento para el análisis granulométrico de la fracción gruesa del agregado. ....	19
Figura N° 6: Procedimiento para el análisis granulométrico de la fracción fina del agregado. ....	19
Figura N° 7: Carta de Casagrande (Gráfico de Plasticidad).....	23
Figura N° 8: Curva resultante para hallar el contenido de humedad óptimo (CHO) y la densidad seca máxima ( $\delta_s$ ) del suelo. ....	27
Figura N° 9: Procedimiento para obtener contenidos de humedad y densidades secas del suelo mediante el ensayo Proctor modificado por el método “A” .....	28
Figura N° 10: Suelo del Distrito de Cusco. ....	37
Figura N° 11: Unidades de Albañilería con Distintos Porcentajes de Humedad. ....	37
Figura N° 12: Proceso de Fabricación de la Unidad de Albañilería. ....	39

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Figura N° 13: Extracción de Tierra de los Sectores Tambillo y PetroPerú..... 47

Figura N° 14: Procedimiento para realizar el ensayo de Contenido de Humedad en el Suelo Natural. .... 48

Figura N° 15: Procedimiento para realizar el ensayo de Granulometría en Laboratorio. .... 50

Figura N° 16: Procedimiento para realizar el ensayo de Límite Plástico. .... 53

Figura N° 17: Procedimiento para realizar el ensayo de Límite Líquido. .... 56

Figura N° 18: Procedimiento para realizar el ensayo de Proctor Modificado – Método “A”. .... 58

Figura N° 19: Procedimiento para realizar el ensayo de Compresión Simple. .... 60

Figura N° 20: Procedimiento para realizar el ensayo de Módulo de Rotura..... 85

Figura N° 21: Procedimiento para realizar el ensayo de Variación Dimensional. .... 87

Figura N° 22: Procedimiento para realizar el ensayo de Alabeo..... 89

Figura N° 23: Procedimiento para realizar el ensayo de Absorción. .... 91

Figura N° 24: Procedimiento para realizar el ensayo de Succión. .... 93

Figura N° 25: Determinación del Límite Líquido del Distrito de Cusco..... 97

Figura N° 26: Determinación del Límite Líquido del Distrito de San Jerónimo. .... 97

Figura N° 27: Curva Granulométrica del Suelo del Distrito de Cusco..... 100

Figura N° 28: Curva Granulométrica del Suelo del Distrito de San Jerónimo. .... 101

Figura N° 29: Carta de Casagrande. .... 101

Figura N° 30: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de Cusco..... 103

Figura N° 31: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de San Jerónimo. .... 104

Figura N° 32: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de Cusco..... 117

Figura N° 33: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de San Jerónimo. .... 118

Figura N° 34: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444 + SOLIDRY: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de Cusco. .... 119

Figura N° 35: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444 + SOLIDRY: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de San Jerónimo. .... 120

Figura N° 36: Curva Granulométrica - Distrito de Cusco..... 128

Figura N° 37: Curva Granulométrica - Distrito de San Jerónimo. .... 128

Figura N° 38: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de Cusco..... 129

Figura N° 39: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de San Jerónimo. .... 129

Figura N° 40: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de Cusco..... 130

Figura N° 41: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de Cusco. .... 130

Figura N° 42: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de San Jerónimo. .... 131

Figura N° 43: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de San Jerónimo. .... 131

Figura N° 44: Resultados de Módulo de Rotura (kg/cm<sup>2</sup>) – Distrito de Cusco..... 132

Figura N° 45: Resultados de Módulo de Rotura [kg/cm<sup>2</sup>] – Distrito de San Jerónimo. .... 132

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Índice de Tablas

Tabla 1: Procedimiento para obtener Método B (Cuarteo Manual). 16
Tabla 2: Cantidad Necesaria para Granulometría del Suelo. 16
Tabla 3: Procedimiento para obtener el contenido de humedad del suelo (%w). 17
Tabla 4: Serie de tamices y sus respectivas aberturas. 18
Tabla 5: Procedimiento para calcular el Límite Líquido del suelo. 20
Tabla 6: Procedimiento para calcular el Límite Plástico del suelo. 21
Tabla 7: Clasificación de suelos SUCS. 22
Tabla 8: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano grueso. 23
Tabla 9: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano fino. 24
Tabla 10: Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO. 25
Tabla 11: Características de los métodos para elaborar el ensayo de Proctor estándar. 26
Tabla 12: Características de los métodos para elaborar el ensayo de Proctor modificado. 27
Tabla 13: Cuadro de operacionalización de variables. 33
Tabla 14: Determinación de la granulometría del suelo. 41
Tabla 15: Determinación del contenido de humedad del suelo. 42
Tabla 16: Determinación del límite plástico del suelo. 42
Tabla 17: Determinación del límite líquido del suelo. 43
Tabla 18: Determinación del próctor modificado - método C. 43
Tabla 19: Determinación de la resistencia a la compresión. 44
Tabla 20: Determinación de la variación dimensional. 44
Tabla 21: Determinación del módulo de rotura. 45
Tabla 22: Determinación del coeficiente de succión. 45
Tabla 23: Determinación de la absorción. 46
Tabla 24: Determinación del alabeo. 46
Tabla 25: Contenido de humedad del suelo natural - distrito de San Jerónimo. 49
Tabla 26: Contenido de humedad del suelo natural - distrito de Cusco. 49
Tabla 27: Granulometría correspondiente al sector de Tambillo - distrito de Cusco. 51
Tabla 28: Granulometría correspondiente al sector de PetroPerú - distrito de San Jerónimo. 52
Tabla 29: Límite plástico correspondiente al sector de Tambillo - distrito de Cusco. 54
Tabla 30: Límite plástico correspondiente al sector de PetroPerú - distrito de San Jerónimo. 54
Tabla 31: Límite líquido correspondiente al sector de Tambillo, distrito de Cusco. 57
Tabla 32: Límite líquido correspondiente al sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo. 57
Tabla 33: Proctor modificado correspondiente al sector de Tambillo - distrito de Cusco. 59
Tabla 34: Proctor modificado correspondiente al sector de PetroPerú - distrito San Jerónimo. 59
Tabla 35: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco, con una edad de 7 días. 61

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 36: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m3, con una edad de 7 días. .... 61

Tabla 37: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3, con una edad de 7 días. .... 62

Tabla 38: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m3, con una edad de 7 días. .... 62

Tabla 39: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m3, con una edad de 7 días. .... 63

Tabla 40: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco, con una edad de 14 días. .... 63

Tabla 41: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m3, con una edad de 14 días..... 64

Tabla 42: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3, con una edad de 14 días..... 64

Tabla 43: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m3, con una edad de 14 días..... 65

Tabla 44: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m3, con una edad de 14 días..... 65

Tabla 45: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco, con una edad de 28 días. .... 66

Tabla 46: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m3, con una edad de 28 días..... 66

Tabla 47: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3, con una edad de 28 días..... 67

Tabla 48: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m3, con una edad de 28 días..... 67

Tabla 49: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m3, con una edad de 28 días..... 68

Tabla 50: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 10 Kg/m3, con una edad de 7 días. .... 68

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 51: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 69

Tabla 52: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 69

Tabla 53: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 10 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días. .... 70

Tabla 54: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días. .... 70

Tabla 55: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días. .... 71

Tabla 56: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 10Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días. .... 71

Tabla 57: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días. .... 72

Tabla 58: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días. .... 72

Tabla 59: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo, con una edad de 7 días. .... 73

Tabla 60: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 73

Tabla 61: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 74

Tabla 62: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 74

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 63: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días..... 75

Tabla 64: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo, con una edad de 14 días. .... 75

Tabla 65: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días..... 76

Tabla 66: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días..... 76

Tabla 67: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días..... 77

Tabla 68: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días..... 77

Tabla 69: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo, con una edad de 28 días. .... 78

Tabla 70: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días..... 78

Tabla 71: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días..... 79

Tabla 72: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días..... 79

Tabla 73: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días..... 80

Tabla 74: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 80

Tabla 75: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días ..... 81

Tabla 76: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 70 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días. .... 81

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”





Tabla 77: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 30Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días. .... 82

Tabla 78: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días. .... 82

Tabla 79: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 70Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días. .... 83

Tabla 80: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días. .... 83

Tabla 81: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días. .... 84

Tabla 82: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 70 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días. .... 84

Tabla 83: Ensayo de Módulo de Rotura de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco. .... 86

Tabla 84: Ensayo de Módulo de Rotura de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo. .... 86

Tabla 85: Ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco. .... 88

Tabla 86: Ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo. .... 88

Tabla 87: Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco. .... 90

Tabla 88: Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo. .... 90

Tabla 89: Ensayo de Absorción de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco. .... 92

Tabla 90: Ensayo de Absorción de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo. .... 92

Tabla 91: Ensayo de Succión de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco. .... 94

Tabla 92: Ensayo de Succión de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo. .... 94

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 93: Muestra Representativa para Granulometría del Suelo. .... 95

Tabla 94: Muestra Requerida para Límites de Consistencia. .... 95

Tabla 95: Proceso de Cálculo de Límite Líquido Distrito de Cusco. .... 96

Tabla 96: Proceso de Cálculo de Límite Líquido del Distrito de San Jerónimo ..... 96

Tabla 97: Proceso de Cálculo de Límite Plástico del Distrito de Cusco..... 98

Tabla 98: Proceso de Cálculo de Límite Plástico del Distrito de San Jerónimo. .... 98

Tabla 99: Proceso de Cálculo de la Granulometría del Distrito de Cusco..... 99

Tabla 100: Proceso de Cálculo de la Granulometría del Distrito de San Jerónimo. .... 100

Tabla 101: Clasificación de Suelos..... 101

Tabla 102: Procesamiento del Ensayo de Próctor Modificado-Distrito de Cusco ..... 102

Tabla 103: Procesamiento del Ensayo de Próctor Modificado-Distrito de San Jerónimo  
..... 103

Tabla 104: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
aditivo CONSOLID, con una edad de 7 días - Distrito de Cusco. .... 105

Tabla 105: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
aditivo CONSOLID, con una edad de 14 días - Distrito de Cusco. .... 106

Tabla 106: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
aditivo CONSOLID, con una edad de 28 días - Distrito de Cusco. .... 107

Tabla 107: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 7 días - Distrito de  
Cusco..... 108

Tabla 108: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 14 días - Distrito  
de Cusco. .... 109

Tabla 109: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 28 días - Distrito  
de Cusco. .... 110

Tabla 110: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
aditivo CONSOLID, con una edad de 7 días - Distrito de San Jerónimo. .... 111

Tabla 111: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
aditivo CONSOLID, con una edad de 14 días - Distrito de San Jerónimo. .... 112

Tabla 112: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
aditivo CONSOLID, con una edad de 28 días - Distrito de San Jerónimo. .... 113

Tabla 113: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 7 días - Distrito de  
San Jerónimo. .... 114

Tabla 114: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 14 días - Distrito  
de San Jerónimo..... 115

Tabla 115: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería +  
óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 28 días - Distrito  
de San Jerónimo..... 116

Tabla 116: Procesamiento de datos de Módulo de Rotura – Distrito de Cusco..... 121

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 117: Procesamiento de datos de Módulo de Rotura – Distrito de San Jerónimo. .... 122

Tabla 118: Procesamiento de datos de Variación Dimensional – Distrito de Cusco. .. 123

Tabla 119: Procesamiento de datos de Variación Dimensional – Distrito de San Jerónimo. .... 123

Tabla 120: Procesamiento de datos del ensayo de Alabeo – Distrito de Cusco..... 124

Tabla 121: Procesamiento de datos del ensayo de Alabeo – Distrito de San Jerónimo. .... 125

Tabla 122: Procesamiento de datos del ensayo de Succión – Distrito de Cusco..... 126

Tabla 123: Procesamiento de datos del ensayo de Succión – Distrito de San Jerónimo. .... 126

Tabla 124: Procesamiento de datos de Absorción: a) Distrito de Cusco y b) Distrito de San Jerónimo. .... 127

Tabla 125: Clasificación de Suelos..... 129

Tabla 126: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de Cusco. .... 130

Tabla 127: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de Cusco..... 130

Tabla 128: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de San Jerónimo. ... 131

Tabla 129: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de San Jerónimo. .... 131

Tabla 130: Resultados de Módulo de Rotura – Distrito de Cusco. .... 132

Tabla 131: Resultados de Módulo de Rotura – Distrito de San Jerónimo. .... 132

Tabla 132: Resultados del ensayo de Variación Dimensional – Distrito de Cusco..... 133

Tabla 133: Resultados del ensayo de Variación Dimensional – Distrito de San Jerónimo. .... 133

Tabla 134: Resultado del ensayo Alabeo para el Distrito de Cusco y San Jerónimo..... 133

Tabla 135: Resultados del ensayo de Succión para el Distrito de Cusco y San Jerónimo. .... 134

Tabla 136: Resultados del ensayo de Absorción para el Distrito de Cusco y San Jerónimo. .... 134

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



## CAPÍTULO I

### 1. Planteamiento del Problema

#### 1.1 Identificación del Problema

##### 1.1.1 Descripción del problema

El Perú, por su ubicación geográfica, se localiza en el centro sísmico de Sudamérica. Cuando las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica interactúan, generan movimientos telúricos ocasionando destrucción. Un claro ejemplo es el sismo ocurrido en Pisco e Ica en fecha 15 de Agosto del 2007 con una magnitud de 7.0 Richter y 7.9 Magnitud Momento (INDECI, 2008), en el que colapsaron más de 37 500 viviendas de albañilería de tierra cruda y viviendas de albañilería de arcilla cocida.

En el caso de la región Cusco, se producen sismos tipo intraplaca (zonas internas de éstas) con pequeña a moderada magnitud, generando daños, pérdidas materiales y humanas como los ocurridos en 1950 y 1986 (INDECI, 2015).

En las zonas alto andinas, se puede observar que en la mayoría de las edificaciones se emplean sistemas tradicionales de construcción con tierra, más específicamente unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con paja (adobe), cuya vulnerabilidad frente a actividades sísmicas es alta. Otra diferencia de estas unidades de tierra es la poca durabilidad que tienen frente a la intemperie, causada principalmente por efecto de la humedad. Por tal motivo, es necesario impulsar y promocionar nuevas técnicas constructivas que ayuden a mejorar la seguridad de las edificaciones y su durabilidad.

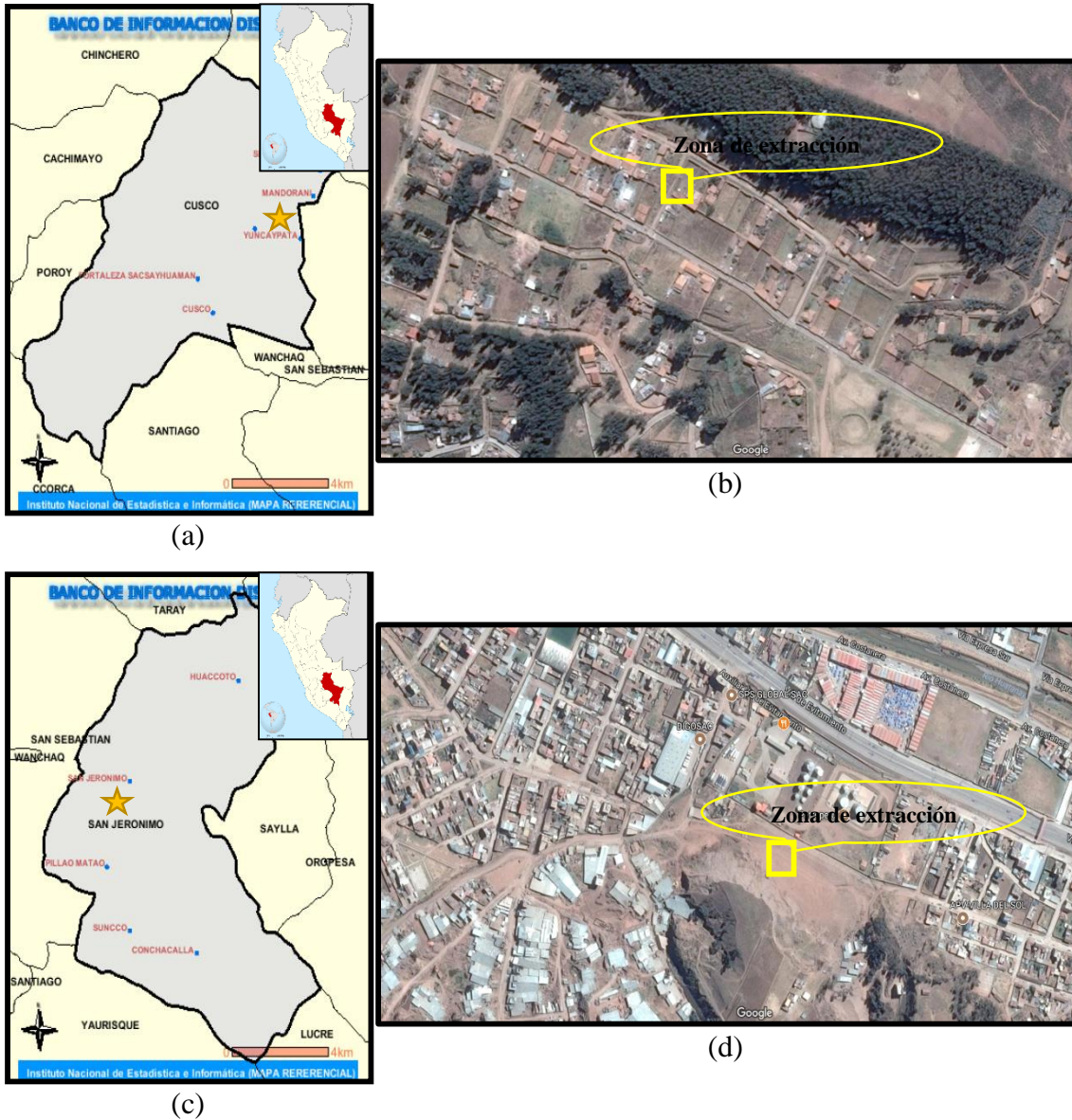
Otro elemento empleado en la construcción es la unidad de albañilería de arcilla cocida. Esta unidad de albañilería tiene un proceso de fabricación que produce una alta contaminación a causa de la cocción de la misma y al uso de máquinas. Además, las unidades de arcilla cocida, que se fabrican en Cusco, no cumplen con los parámetros de calidad establecidos en la Norma Técnica Edificación (NTE) E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006).

En carreteras de tierra, se ha estado usando un aditivo CONSOLID que es una mezcla de dos componentes, uno líquido (C444) y otro sólido (SOLIDRY), con el que se han mejorado las propiedades de compactación (CBR) de estas carreteras. Por lo tanto, se propone mejorar las características de las unidades de tierra, estabilizadas con este sistema CONSOLID. Con este aditivo se pretende mejorar la resistencia a compresión de la unidad y su durabilidad frente a efectos de humedad.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### Ámbito geográfico

En la figura 01 se observa el ámbito geográfico en el que se desarrollará la presente investigación.



a) Distrito de Cusco, b) Localidad de Tambillo, c) Distrito de San Jerónimo, y d) Localidad de PetroPerú.

Figura N° 1: Ámbito Geográfico de la Investigación.

Fuente: Google maps (2017)

## 1.1.2 Formulación interrogativa del problema

### 1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con las dosificaciones óptimas del sistema CONSOLID?

### 1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

**Problema específico 1:** ¿Es posible determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco?

**Problema específico 2:** ¿En qué medida varía el valor de  $f_b$  de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, adicionando componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m<sup>3</sup>?

**Problema específico 3:** ¿En qué medida varía el valor de  $f_b$  de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de San Jerónimo?

## 1.2 Justificación e Importancia de la Investigación

### 1.2.1 Justificación técnica

La presente investigación empieza con la idea de buscar nuevos materiales de construcción con costos relativamente bajos y que a su vez tengan mejores características físico-mecánicas en comparación a otros materiales de bajo costo (como por ejemplo las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con paja).

Para esto, se plantea correlacionar las propiedades del suelo con las propiedades físico-mecánicas de unidades de albañilería fabricadas con tierra cruda estabilizadas con sistema CONSOLID. Por lo tanto, en esta investigación se aplicarán las teorías relacionadas a la mecánica de suelos y mecánica de materiales, la investigación pertenece al área de Albañilería, dentro de la rama de Estructuras en ingeniería Civil.

### 1.2.2 Justificación social

Con las unidades de tierra cruda estabilizadas se tendrá una opción de vivienda económica. El proceso de fabricación de estas unidades no requiere de una cocción por

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



lo que no se generará contaminación al medio ambiente, será de fácil elaboración y estará al alcance de todo público.

En las zonas alto andinas se puede observar que en la mayoría de las edificaciones se emplean sistemas tradicionales de construcción con albañilería de tierra cruda estabilizadas con paja, cuya vulnerabilidad frente a actividades sísmicas es alta. Por tal motivo se impulsan y promocionan nuevas técnicas constructivas con la implementación de elementos estructurales y constructivos que ayudan a mejorar el sistema constructivo como tal, brindando mayor seguridad.

### **1.2.3 Justificación por viabilidad**

Es viable porque se cuenta con los laboratorios para realizar los ensayos necesarios. También se dispone del aditivo necesario para la fabricación de las unidades de tierra y se contó con los permisos de los distintos sectores de los cuales se extrajo 3m<sup>3</sup> de tierra por cada sector. Por último se tiene la disponibilidad de tiempo necesario para desarrollar esta investigación.

### **1.2.4 Justificación por relevancia**

Es importante fabricar unidades de tierra cruda estabilizadas con aditivo CONSOLID elaboradas mediante un proceso ecológico (sin contaminación), las cuales tendrán mejores características físico-mecánicas en comparación a otros materiales de bajo costo establecidos en el mercado. Es relevante porque en el aspecto social estas unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con sistema CONSOLID, ayudarían las condiciones de las viviendas en zonas alto andinas. Adicionalmente, con esta investigación se pretende tener un impacto positivo en el comportamiento estructural y sísmico de edificaciones hechas a base de unidades de tierra en la ciudad de Cusco, dando cabida también a diseños más económicos y seguros.

## **1.3 Limitaciones de la Investigación**

### **1.3.1 Limitaciones de orden geográfico**

La presente investigación se limita a la zona de Tambillo del distrito de Cusco y a la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco.

### **1.3.2 Limitaciones de tiempo**

La presente investigación se realizó en el año 2018.

### **1.3.3 Limitaciones por el material**

Se usara los siguientes materiales:

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



- SISTEMA CONSOLID en dos componentes, uno líquido denominado aditivo C444 y uno sólido denominado SOLIDRY, cuyas características se pueden ver en sus fichas técnicas (Anexo 2).
- El agua usada tiene un pH de 7 (potable).
- Los suelos utilizados en la mezcla fueron extraídos de las zonas de Tambillo del distrito de Cusco y PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco.
- Normas Técnicas de Edificaciones E.070 y E.080.
- Se limita al estudio de unidades de albañilería sólida.
- Se limita al estudio de tipo de suelo de cada zona (Tambillo y PetroPerú).
- Las dosificaciones de aditivo C444 usadas son: 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 lt/m<sup>3</sup>.
- Las dosificaciones de aditivo SOLIDRY serán: 10, 30 y 50 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de Cusco y 30,50 y 70 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de San Jerónimo.

#### 1.3.4 Limitación de pruebas

- Contenido de Humedad (%), Manual de Ensayo de materiales MTC (2016).
- Granulometría, Manual de Ensayo de materiales MTC (2016).
- Límites de consistencia (%), Manual de Ensayo de materiales MTC (2016).
- Clasificación de suelos, Manual de Ensayo de materiales MTC (2016).
- Ensayo de Proctor (gr/cm<sup>3</sup>), Manual de Ensayo de materiales MTC (2016).
- Prueba de resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>), NTP 399.613.
- Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>), NTP 399.613.
- Prueba de variabilidad dimensional (%), NTP 399.613.
- Prueba de absorción (%), NTP 399.613.
- Prueba de succión (gr/min), NTP 399.613.
- Prueba de alabeo (mm), NTP 399.613.

#### 1.3.5 Limitación de fabricación

- Las dimensiones de las unidades serán: 24.80x12.40x9.50 cm para el distrito de Cusco y 24.90x12.50x9.60 cm para el distrito de San Jerónimo.
- Máquina manual, formadora de unidades, modelo CINVARAM marca FORZA.

### 1.4 Objetivo de la investigación

#### 1.4.1 Objetivo General

Determinar las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”





del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con sistema CONSOLID.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

**Objetivo específico 1:** Determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco.

**Objetivo específico 2:** Determinar en qué medida varía el valor  $f_b$  de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, adicionando componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m<sup>3</sup>.

**Objetivo específico 3:** Determinar en qué medida varía el valor de  $f_b$  de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de San Jerónimo.



## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1 Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

##### 2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

**1.- Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo, presentada por los ingenieros Abanto Flores y Akarley Poma – Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) - Trujillo, Perú (2014).**

En esta tesis se realizó el estudio de unidades de albañilería con la mezcla de suelo - cemento para conocer sus propiedades físico-mecánicas y analizar su uso como una alternativa ecológica para fines constructivos. Para la elaboración de las unidades de albañilería, se utilizó la combinación de componentes como: cemento, suelo, arena y agua, en proporciones de: 1:5:0.5:1, respectivamente. Las dimensiones de estas unidades son similares a las de un ladrillo cocido común (King Kong 9x13x24 cm), y para el compactado del mismo se utilizó una prensa manual modelo CINVA-RAM MODIFICADA. En los resultados de las pruebas de variación dimensional, porcentaje de absorción y resistencia a la compresión, a las que fueron sometidas dichas unidades alcanzaron los requisitos establecidos por la NTE E.070 para ladrillos de arcilla King Kong artesanales.

**2.- Factibilidad de implementación del material suelo-cemento como material de construcción para viviendas de bajo costo en el Perú, presentada por el Ingeniero Valdivia Cariat - Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) - Lima, Perú (2016).**

El objetivo de la investigación fue determinar si es factible implementar el suelo-cemento como material de construcción en viviendas de bajo costo en el Perú. Se pretendió mitigar la situación generada por dos contextos claramente marcados. El primero de ellos se refiere a la falta de vivienda, tanto cualitativa como cuantitativamente, que hay en el país, y el segundo alude a la falta de oferta inmobiliaria para los sectores socio-económicos bajos. En respuesta a la problemática indicada, la investigación consideró el uso del suelo - cemento en un sistema constructivo (albañilería reforzada con malla exterior) con poca variación en relación a la construcción tradicional con adobe, típica en nuestro país. En el desarrollo de la investigación se presenta una revisión bibliográfica con los aspectos

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



más resaltantes del material suelo-cemento. Luego, se propone un módulo de vivienda para comparar las técnicas constructivas del suelo-cemento con las de la albañilería confinada de ladrillos de arcilla, así como los costos asociados a cada uno de los sistemas. En las conclusiones de la investigación menciona que la implementación del suelo-cemento bajo la técnica constructiva de mampostería reforzada con mallas poliméricas es posible en el Perú, pues los procedimientos constructivos, además de ser similares a los de la mampostería confinada, no necesitan de una mano de obra calificada en todo el desarrollo del proyecto. Otra conclusión a la que se llega es que el costo de la vivienda sea menor no implica que la seguridad integral del sistema sea deficiente, más bien prueba que muchas de las partidas no requieren materiales de costos elevados o personal calificado y especializado, para garantizar la buena práctica de los procedimientos y, por ende, un correcto funcionamiento. De hecho, existen alrededor del mundo un gran número de normas de construcción que regulan e incentivan el uso del suelo-cemento en países sísmicos como India, Colombia y México, pero siempre quedará a criterio del proyectista o del constructor determinar las características aplicables para su contexto constructivo.

### 2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

**1.- Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha - Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el sistema CONSOLID, presentada por los Ingenieros José Julián y Manuel Prado – Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) - Quito, Ecuador (2012).**

El objetivo general de la mencionada investigación fue de estimar y cuantificar la variación en el valor del CBR y el índice plástico, entre el suelo tratado con el sistema Consolid. En cuanto a los objetivos específicos que se mencionan en la investigación son que las muestras tomadas en el sitio de ubicación del tramo en estudio, identificar características del suelo, sus propiedades naturales y clasificarlo. También nos mencionan que se obtendrá el CBR e índice plástico, en el laboratorio, de las muestras de suelo natural y las tratadas con el sistema Consolid. En la investigación hacen la aplicación del sistema CONSOLID para la estabilización de una vía a niveles de subrasante para mejorar las propiedades del CBR y el índice plástico. Las conclusiones a las que se llegaron son: El sistema Consolid disminuye el índice plástico de los suelos, los suelos altamente plásticos sufren una mayor disminución de su índice plástico en comparación al resto de suelos. La densidad seca máxima en el suelo tratado a corto plazo no presenta variación en comparación a la del suelo natural. El porcentaje de agua absorbida por las probetas

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



tratadas con Consolid es mucho menor en comparación al porcentaje de absorción del suelo natural, por lo tanto el sistema trabaja impermeabilizando el suelo y conservando la humedad de compactación. También se menciona que en la humedad óptima de compactación no existe variación entre el suelo natural y el suelo aplicado con el sistema CONSOLID. En cuanto al CBR los suelos finos presentan el mayor aumento de resistencia llegando a ser aproximadamente 6 veces su CBR inicial.

## 2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

### 2.2.1 Unidad de albañilería

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

A nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que éstos tengan de la siguiente manera:

**Unidad de Albañilería Sólida o Maciza.** Este tipo de unidades de albañilería predominantemente son completamente sólidas o macizas y en el caso que existan huecos o aberturas en este tipo de unidades no deben exceder más del 30% del área de la sección. Las unidades sólidas son las que deben emplearse en la construcción de muros confinados en la zona sísmica 3. Pueden ser de arcilla, concreto o de sílice-cal, y su fabricación puede ser artesanal o industrial (*Gallegos y Casabonne, 2005*).

**Unidad de Albañilería Hueca.** En las unidades huecas el área de vacíos excede el 30% del área total de la sección, la principal característica de estas unidades es que las dimensiones de los alveolos son bastante reducidos y no pueden ser llenados con concreto líquido, mayormente las dimensiones que poseen son menores a los 4 cm x 5 cm. Otra característica importante es que este tipo de unidades tienen un comportamiento frágil al momento de someterlas a la ruptura (*NTP E.070, 2006*).

**Unidad de Albañilería Alveolar.** En el caso de las unidades alveolares se asemejan a las unidades huecas ya que, más del 30% del área está ocupada por vacíos, la diferencia está en que el tamaño de las dimensiones de los alveolos tiene dimensiones tales que se puedan llenar de concreto líquido. Por otra parte este tipo de unidades de albañilería, cuando sus

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



alveolos son rellenados con concreto líquido, adoptan un comportamiento dúctil al momento de ser sometidas a la prueba de ruptura (*NTP E.070, 2006*).

**Unidad de Albañilería Tubular.** Este tipo de unidades de albañilería se caracterizan por que los alveolos no son perpendiculares a la cara del asiento de la unidad, sino paralelas a esta. Estas unidades deben emplearse exclusivamente en los muros no portantes, salvo que la edificación sea de hasta 2 pisos y se encuentre ubicada en la zona sísmica 1 (*NTP E.070, 2006*).

#### ***Unidades de albañilería de tierra cruda***

La Norma Técnica E.080 (2017) define a la unidad de albañilería de tierra cruda como un bloque macizo sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Además, en la norma se especifican los requisitos generales para el tipo de tierra a usarse en la fabricación de las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con paja considerando que la gradación del suelo debe acercarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Seguir este lineamiento de gradación es importante, puesto que de incrementar el porcentaje de arcillas se generarían grietas internas por contracción de secado, de incrementar el porcentaje de arena se perdería cohesión y de utilizar suelos orgánicos se perdería resistencia a la compresión y a la humedad.

Los ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño considerarán la variabilidad de los materiales a usarse. Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos:

Resistencia a la compresión (*NTE E.080, 2017*)

- $f_o = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la tracción (*NTE E.080, 2017*)

- $f_t = 0.81 \text{ kg/cm}^2$

#### ***Unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas***

Según la Norma E.080 (2017) se define a las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas, como aquellas unidades que, además de la tierra, han 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.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



### ***Unidades de albañilería de arcilla cocida***

Según Gallegos y Cassabone (2005) este tipo de unidades de albañilería son el componente básico en la construcción de la mampostería y se elaboran con materias primas como la arcilla, mezclas de sílice y cal. Se elaboran mediante el moldeo y tiene diferentes métodos de compactación para que puedan ser fabricadas en cualquier tipo de condiciones como lo son en fábricas sofisticadas con un control estricto o precarios hornos con procedimientos rudimentarios que no miden el daño que le provocan a la naturaleza. Producto de este desorden es que se puede conseguir unidades de albañilería en todas las formas, tipos, dimensiones y calidades.

### ***Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería***

#### ***Resistencia a la Compresión***

La resistencia a la compresión es, por si sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado, la gran variedad de forma y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente. El ensayo de compresión, se realiza usualmente en testigos de medias unidades secas, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de unidades enteras e incluso de dos medias unidades separadas por una junta de mortero. La carga de compresión se aplica de forma perpendicular a la superficie de asiento y se realiza hasta la rotura.

La resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) se determina dividiendo la carga de rotura ( $P_u$ ) entre el área bruta ( $A$ ) de la unidad, cuando esta es sólida o tubular y el área neta ( $A$ ) cuando es hueca o perforada. Sin embargo, la norma peruana considera siempre como divisor el área bruta:

$$f'_c = \frac{P_u}{A}$$

Para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente (Gallegos y Casabone), el procedimiento se realizará de acuerdo a la norma NTP 399.613 (2005).

#### ***Resistencia a Tracción por Flexión o Módulo de Ruptura***

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Para el ensayo de Módulo de Ruptura de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las normas NTP 399.613 y 399.604 (NTE E.070, 2006).

La resistencia a tracción por flexión constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se esté en la incertidumbre de utilizar una unidad tipo IV o V, o cuando se tenga un alto alabeo que puede conducir a la unidad a una falla de tracción por flexión.

La técnica de ensayo empleada (Figura N°2), consiste en someter la unidad a la acción de una carga concentrada (al centro) creciente, a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min. Luego se calcula  $f'_t$  mediante la aplicación de la fórmula de flexión simple de resistencia de materiales (San Bartolomé, 1994):

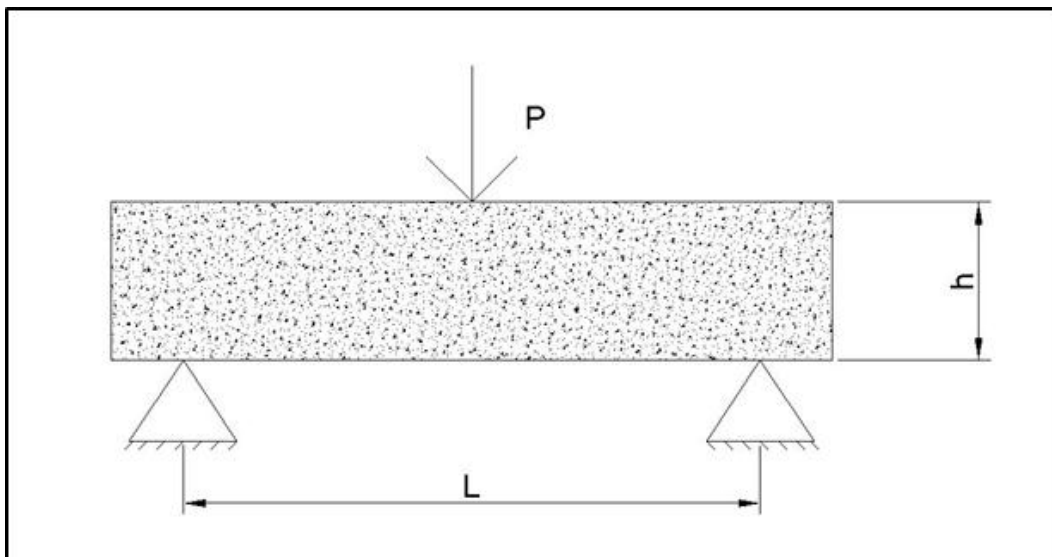


Figura N° 2: Resistencia a Tracción por Flexión.

Fuente: San Bartolomé, 1994

$$f'_t = \frac{3PL}{2Bh^2}$$

Dónde: P es la carga aplicada, L es la distancia entre los apoyos, B es el ancho y h es la altura de la unidad de albañilería.

### ***Propiedades físicas de las unidades de albañilería***

#### ***Variación Dimensional***

La variabilidad dimensional, define la altura de las hiladas ya que, si manifiesta con mayores variaciones se ve la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por “Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm. Esto conduce a una albañilería menos resistente en compresión. La determinación de la variación de dimensiones incluye la definición de las dimensiones promedio y el ensayo se efectúa sobre una muestra representativa de por lo menos veinte unidades. Se miden todas sus dimensiones con precisión al milímetro y se promedian los resultados, para obtener los valores P ( $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$ ). Luego, se separan las medidas para cada dimensión: de un lado las que son mayores que P y de otro las que son menores que P. Seguidamente se promedia cada grupo obteniéndose  $P_{min}$ . ( $P_{1min}$ ,  $P_{2min}$  y  $P_{3min}$ ) y  $P_{max}$ . ( $P_{1máx}$ ,  $P_{2máx}$  y  $P_{3máx}$ ). Los resultados se expresan del siguiente modo (Gallegos, 2005):

$$\pm V = \frac{P_{min} - P}{P} \times 100$$

Dónde: V es la variación dimensional,  $P_{min}$  es el valor mínimo de medición y P es el valor promedio de medición.

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las normas NTP 399.613 y 399.604 (*NTE E.070: Albañilería, 2006*).

### ***Alabeo***

Para la determinación de alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las normas NTP 399.613 y 399.604 (*NTE E.070: Albañilería, 2006*).

A mayor alabeo (concavidad o convexidad) de la unidad, mayor será el espesor de la junta. Así mismo, la adherencia con el mortero puede disminuir al formarse vacíos en las zonas más alabeadas o incluso, puede generar fallas de tracción por flexión en la unidad.

Este ensayo se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una superficie plana. Debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad (Figura N° 3), para después introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada, es decir, en el punto de mayor deflexión (*San Bartolomé, 1994*).



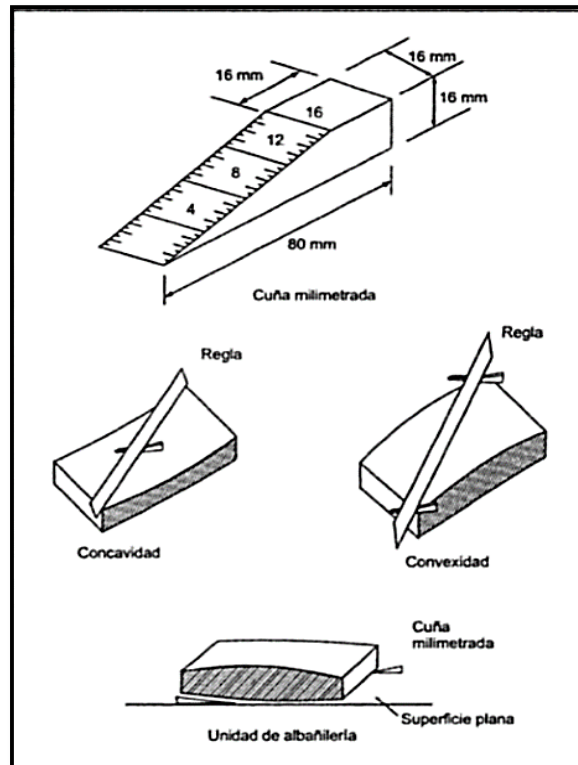


Figura N° 3: Medición de Alabeo (concavidad y convexidad).

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### **Absorción**

Este ensayo mide la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas. La absorción máxima de la unidad, corresponde al hervido de ésta durante cinco horas, y el coeficiente de saturación es la relación entre la absorción y la absorción máxima.

Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes (Gallegos, 2005). Este ensayo mide la cantidad de poros que tiene la unidad y está directamente relacionado con su durabilidad.

### **Succión**

Este ensayo emplea testigos secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en su estado natural cuando se trata de ensayos para evaluar la succión para un proceso constructivo.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Se considera que para succiones mayores de 20 gramos por minutos en un área de 200 cm<sup>2</sup>, es requisito indispensable que los ladrillos se saturen antes de su uso (*ITINTEC 331.017, 1978*), para evitar que succionen el agua del mortero de asentado, impidiendo un correcto fraguado de éste.

El espécimen, después de pesado ( $P_s$ ), se coloca sobre los soportes durante un minuto y luego se retira, se seca la superficie con un paño y se pesa ( $P_m$ ). La succión se obtiene de:

$$\text{Succión} = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{A}$$

Donde:

- $P_m$  = Peso del espécimen.
- $P_s$  = Peso secado con un trapo luego de estar sobre soportes durante 1 minuto.
- $A$  = área de contacto de la unidad con el agua (cm<sup>2</sup>).

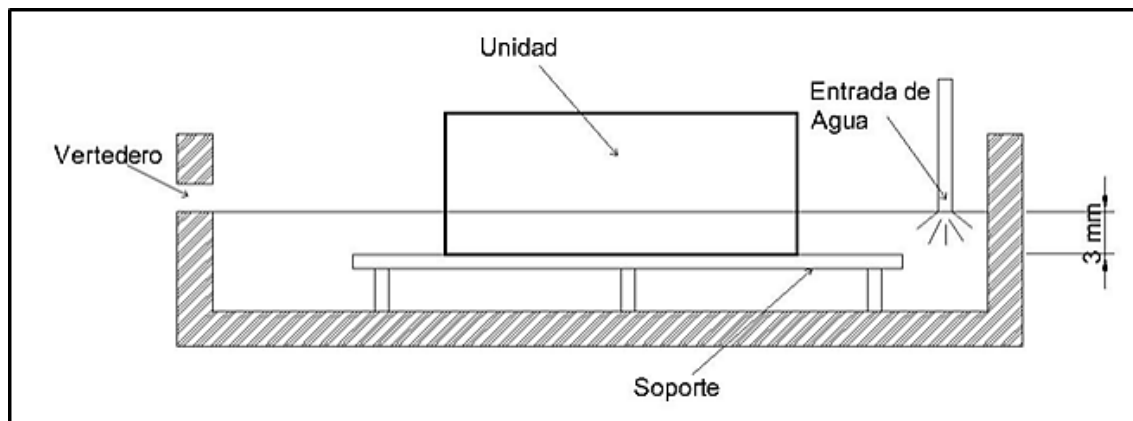


Figura N° 4: Disposición para el Ensayo de Succión.

Fuente: Gallegos, 2005.

## 2.2.2 Ensayos de clasificación de suelos

### *Muestreo de suelos*

Se busca que sea una muestra representativa del terreno, puesto que un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que los ensayos en sí. A menos que la muestra sea verdaderamente representativa de los materiales que se pretende usar, cualquier análisis de la muestra solo será aplicable a la propia muestra y no al material del cual procede.

Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de procedencia, e inalterada en el caso contrario.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 1: Procedimiento para obtener Método B (Cuarteo Manual).

1. Se coloca la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o adición de sustancias extrañas.
2. Se mezcla bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación 4 veces. Cada palada tomada de la base, se deposita en la parte superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.
3. Cuidadosamente se aplanan, y se extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de pala de tal manera que cada cuarto del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.
4. Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan las dos cuartas partes diagonales opuestas. Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

### ***Cantidad mínima de suelo para ensayos de laboratorio***

Para llevar a cabo el ensayo de análisis granulométrico.- en suelos arenosos, la cantidad mínima de muestra requerida, debe ser de 115 g de material que pase por el tamiz N° 10, y en suelos limosos o arcillosos, esta cantidad mínima debe ser 65g.

Para el análisis granulométrico, la cantidad de muestra necesaria depende de la proporción entre finos y gruesos que pase o no por el tamiz N° 10 y del tamaño máximo del material (Tabla N° 2), con el objetivo de que sea una cantidad suficiente para poder considerarla representativa (*Manual de Ensayo de Materiales MTC, 2016*).

Tabla 2: Cantidad Necesaria para Granulometría del Suelo.

<b>Tamaño máximo</b>		<b>Cantidad mínima retenida en el tamiz N° 10 (2.00 mm)</b>
<b>Nominales</b>	<b>Redondeados</b>	
9.5 mm (3/8")	10 mm	500 gr
19 mm (3/4")	20 mm	1000 gr
25.4 mm (1")	25 mm	2000 gr
38 (1. 1/2")	40 mm	3000 gr
50.8 mm (2")	50 mm	4000 gr
76.2 mm (3")	80 mm	5000 gr

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

La muestra requerida de suelo para el ensayo de próctor modificado dependerá del método que se utilice, para el Método A y B es aproximadamente 35 lb (16 kg) y para el Método C es aproximadamente 65 lb (29 kg) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 50 lb (23 kg) y 100 lb (45 kg) respectivamente (*Manual de Ensayo de Materiales MTC, 2016*).

### **Contenido de humedad**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. El contenido de humedad, se calcula mediante la siguiente fórmula (*Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016*):

$$W = \frac{M_w}{M_s} * 100$$

Donde  $M_w$  es el peso del agua obtenido en gramos (g),  $M_s$  es el peso de las partículas sólidas obtenida en gramos (g) y  $W$  es el contenido de humedad como porcentaje (%).

En la Tabla N° 3 se muestra el procedimiento en el laboratorio para obtener el contenido de humedad según el Manual de Ensayo de Materiales MTC, 2016.

Tabla 3: Procedimiento para obtener el contenido de humedad del suelo (%w).

1. Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco.
2. Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza.
3. Remover la tapa y colocar el contenedor con material húmedo en el horno durante 12 horas como mínimo. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a $110 \pm 5$ °C.
4. Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno. Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos. Registrar el valor del peso del contenedor y el material secado al horno usando una balanza.
5. Se procede a realizar los cálculos correspondientes con los valores obtenidos en el laboratorio.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### Granulometría:

En cualquier masa de suelo, los tamaños de los granos varían considerablemente. Para clasificar apropiadamente un suelo, se debe conocer su distribución granulométrica que se determina mediante un análisis por mallas o tamices. Este ensayo, se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco que pasa a través de una serie de mallas cada vez más pequeñas y con una charola en el fondo.

La tabla N° 4 contiene una lista de los números de mallas que son usadas comúnmente en los ensayos. Dos parámetros se determinan de las curvas granulométricas de suelos de grano grueso: El coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y el coeficiente de curvatura ( $C_z$ ). Estos factores son (*Braja M., 2001*):

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_z = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

Donde  $D_{10}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{60}$  son los diámetros correspondientes al porcentaje que pasa 10%, 30% y 60%, respectivamente. Los parámetros  $C_u$  y  $C_z$  se usan en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (*Braja M., 2001*).

Tabla 4: Serie de tamices y sus respectivas aberturas.

Tamices	Abertura (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 ½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.000
3/8"	9.500
N° 4	4.760
N° 10	2.000
N° 20	0.840
N° 40	0.425
N° 60	0.260
N° 140	0.106
N° 200	0.075

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

En las Figuras N° 5 y N° 6 se muestran los procedimientos en el laboratorio para obtener la granulometría según el Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”





			
<p>1. Separar la muestra retenida en el tamiz N°4.</p>	<p>2. Para el tamizado manual mover los tamices en forma circular, de forma que la muestra se mantenga en movimiento circular.</p>	<p>3. Para el tamizado mecánico, dejar funcionar el equipo por diez minutos aproximadamente. Si quedan partículas apesadas en la malla, debe limpiarse con un cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.</p>	<p>4. Determinar el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra, no debe diferir en más del 1%.</p>

Figura N° 5: Procedimiento para el análisis granulométrico de la fracción gruesa del agregado.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

				
<p>1. El análisis granulométrico que pasa el tamiz N°4 se hará por tamizado o sedimentación, según las características de la muestra.</p>	<p>2. Los materiales arenosos que contienen poco limo y arcilla, se podrán tamizar en seco y los materiales limo-arcillosos, se procesarán por la vía húmeda.</p>	<p>3. Separar la muestra mediante cuarteo, 115 gr para suelos arenosos y 65 gr para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 gr.</p>	<p>4. Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar remojar hasta que los terrones se ablanden. Lavar la muestra sobre el tamiz N° 200, teniendo cuidado que no se pierda nada de material.</p>	<p>5. Recoger lo retenido en un recipiente, secar en el horno a una temperatura de 110 °C y pesar.</p>

Figura N° 6: Procedimiento para el análisis granulométrico de la fracción fina del agregado.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### *Límites de consistencia*

El límite líquido de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes dejándolo caer desde una altura de 1 cm. El límite plástico se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 3.18 mm de diámetro. La diferencia entre el límite líquido y el plástico de un suelo se define como índice de plasticidad (IP) (Braja M. 2001).

En las tablas N° 5 y N° 6, se muestra el procedimiento a seguir para obtener el valor del límite líquido y límite plástico de los suelos.

Tabla 5: Procedimiento para calcular el Límite Líquido del suelo.

1. Pulverizar una cantidad suficiente de suelo secado al aire para obtener una muestra representativa del material que pasa a través del tamiz No. 40 de alrededor de $250 \pm 10$ g.
2. Verificar que la altura de la máquina del límite líquido que va a utilizar sea exactamente de 1 cm ( $\pm 0.1$ mm). Hacer la calibración con respecto a la marca de desgaste que se nota en la parte inferior de la cazuela, y no con respecto a la mínima distancia.
3. Colocar los 250 g de suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme. Cuando se encuentre el suelo en un punto de consistencia tal que se pueda estimar que tomará alrededor de 50 golpes para cerrar en una longitud de 12.7 mm la ranura, remover alrededor de 20 g de esta muestra adecuadamente mezclada del plato en el que se está trabajando para determinación posterior del límite plástico.
4. Colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora. A continuación se debe emparejar la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara, recta, que separe completamente la masa de suelo en dos partes.
5. Remover los restos de suelo de la cazuela y volverlos al recipiente donde se había preparado la muestra. Añadir una pequeña cantidad de agua al recipiente de porcelana de preparación de suelo y mezclar cuidadosamente hasta obtener una coloración homogénea y consistencia para obtener un número de golpes entre 25 y 30 aproximadamente.
6. Repetir la secuencia para dos ensayos adicionales con número de golpes entre 20 y 25 y entre 15 y 20, respectivamente para un total de cuatro determinaciones en el ensayo.
7. Pesar las cuatro muestras de humedad obtenidas en los diferentes ensayos, remover las tapas, y colocar los recipientes en un horno a $110^{\circ}\text{C}$ para que se seque durante la noche.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016)

Tabla 6: Procedimiento para calcular el Límite Plástico del suelo.

1. Dividir en varios pedazos o porciones pequeñas la muestra de 20 a 30 g de suelo que se había separado con anterioridad durante la preparación de la muestra para límite líquido.
  2. Enrollar el suelo con la mano extendida sobre una placa de vidrio o sobre un pedazo de papel colocado a su vez sobre una superficie lisa, con presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo de diámetro uniforme. Cuando el diámetro del hilo o cilindro de suelo llegue a 3 mm se debe romper en pequeños pedazos, y con ellos moldear nuevamente unas bolas o masas que a su vez vuelvan a enrollarse.
  3. El proceso de hacer bolas o masas de suelo y enrollarlas debe continuarse alternativamente hasta cuando el hilo o cilindro de suelo se rompa bajo la presión de enrollamiento y no permita que se le enrolle adicionalmente.
- La falla del cilindro se puede definir de la siguiente forma:
- a. Simplemente por separación en pequeños pedazos.
  - b. Por desprendimiento de escamas de forma tubular (cilindros huecos) de dentro hacia fuera del cilindro o hilo de suelo.
  - c. Pedacitos sólidos en forma de barril de 6 a 8 mm de largo (para arcillas altamente plásticas).

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, este puede fluir como un semilíquido. Si el suelo es secado gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua. Este, porcentaje, con el que el suelo cambia de un estado líquido a un estado plástico se define como Límite líquido (LL). Igualmente, los contenidos de agua, expresados en porcentaje, con el que el suelo cambia de un estado plástico a un semisólido se definen como el límite plástico (LP). Estos se denominan límites de Atterberg.

### ***Clasificación de suelos SUCS***

Los elementos esenciales del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados luego por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente, este sistema se utiliza en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos con modificaciones mínimas (*J. Bowles, 1981*). En el sistema SUCS los suelos se clasifican de acuerdo a la tabla N° 7:

Los símbolos que se usan para la clasificación SUCS son:

- W: Suelo Bien graduado

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbichaca, Cuzco, Depto. Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



- P: Suelo Mal graduado
- L: Suelo con baja plasticidad (límite líquido menor que 50%).
- H: Suelo con alta plasticidad (límite líquido mayor que 50%).

Tabla 7: Clasificación de suelos SUCS.

El material se considera <b>grueso</b> si se retiene más del 50%		N° 200 	El material se considera <b>fino</b> si pasa más del 50%
←			→
Es retenido		0.075 mm	pasa
Grava	Arena		Limo o Arcilla
Si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en tamiz N° 4	Si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4		El suelo fino es:
			Limo(M)
			Arcilla(C)
			Orgánico(O)

Fuente: J. Bowles, 1981.

Para una clasificación apropiada con este sistema, se deben tomar en cuenta los siguientes conceptos:

1. Porcentaje de grava, que es la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla N° 4 (abertura de 4.75 mm).
2. Porcentaje de arena, que es la fracción que pasa la malla N° 4 (abertura de 4.75 mm) y es retenida en la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm).
3. Porcentaje de limo y arcilla, que es la fracción de finos que pasan la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm).
4. Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N° 40.

Según Braja M. (2001), los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y Pt. Estos se pueden apreciar en la tabla N° 8 y tabla N° 9.

En la figura N° 7 se muestran la carta de Casagrande que se utiliza para realizar la identificación del tipo de suelo en función al Índice de plasticidad (PI) y Límite líquido (LL).

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayaco, Cusipata, Pucallpa, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

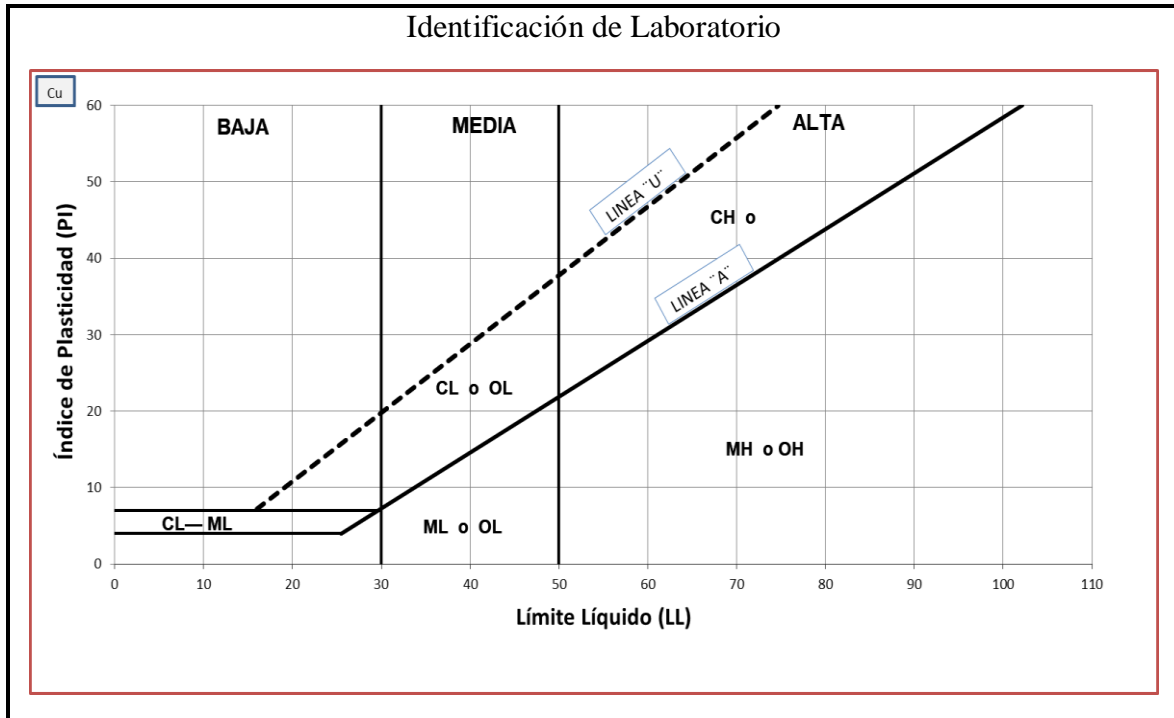


Figura N° 7: Carta de Casagrande (Gráfico de Plasticidad).

Fuente: J. Bowles, 1981.

Tabla 8: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano grueso.

Divisiones Principales		Símbolos del grupo	Nombres Típicos
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200.	<b>Gravas</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b> Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
			<b>GP</b> Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b> Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
			<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
	<b>Arenas</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b> Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
			<b>SP</b> Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b> Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
			<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.

Fuente: J. Bowles, 1981.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbay, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 9: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano fino.

Divisiones Principales		Símbolos del grupo	Nombres Típicos
Suelos de grano fino  Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200.	Limos y arcillas:  Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
	Limos y arcillas:  Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Fuente: J. Bowles, 1981.

### Clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación, fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos. Ha sufrido varias revisiones, con la versión actual propuesta por el Comité para la Clasificación de Materiales para Subrasantes y Caminos Tipo Granulares del Consejo de Investigaciones Carreteras en 1945 (Prueba D-3282 de la ASTM; método AASHTO M145) (Braja, 2001).

De acuerdo con éste sistema, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7 (Tabla N° 10). Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la malla N° 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la malla N° 200 son clasificados en los grupos A4, A-5, A-6 y A -7 la mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño del grano

- ✓ Grava: fracción que pasa la malla de 75 mm y es retenida en la malla N° 10 (2 mm).
- ✓ Arena: fracción que pasa la malla N° 10 (2 mm) y es retenida en la malla N° 200(0.075 mm).
- ✓ Limo y arcilla: fracción que pasa la malla N° 200.

2. Plasticidad: El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

3. Si cantos rodados y bolears (tamaños mayores que 75 mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra.

Tabla 10: Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más de 35% pasa el tamiz N°200)				
	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N°10 (2mm) N°40 (0.425 mm) N°200 (0.075 mm) Características de la fracción que pasa por el tamiz N°40 Límite Líquido Índice de plasticidad Constituyentes principales Características como subgrado	50 máx 30 máx 15 máx	50 máx 25 máx	51 mín 10 máx	35 máx				36 mín			
	6 máx		NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
	Excelente a bueno						Pobre a malo				
(1): (2):	No plástico El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30										

Fuente: Braja, M, 2001.

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG) junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de sub grupo. El índice de grupo está dado por la ecuación:

$$IG = (F - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Donde F es el porcentaje que pasa el tamiz n° 200, LL es el límite líquido e IP el índice de plasticidad. El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 se calculará de la siguiente manera:

$$IG = 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Según Braja, M (2001) Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4, los suelos limosos, entre 8 y 12 y los suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayocoma, Cuzco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### Ensayo Próctor

El Ensayo Proctor, es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado. Este ensayo puede ser de dos tipos: a) Ensayo Proctor Estándar y b) Ensayo Proctor Modificado. La diferencia fundamental entre ambos ensayos es la energía de compactación que se aplica. Para el caso del ensayo Proctor modificado, se necesita una mayor energía de compactación y para el caso del ensayo Proctor estándar, la energía de compactación es menor. Esta menor energía, necesita que se use un martillo o pisón más liviano al momento de realizar el ensayo en laboratorio. Ambos ensayos tienen por finalidad obtener el contenido de humedad óptimo (CHO) y la densidad seca máxima ( $\delta_s$ ) del suelo para una adecuada compactación (Bowles, J. 1981).

De acuerdo con Braja, M. (2001) existen 3 métodos para elaborar los ensayos Proctor estándar (Tabla N° 11) y Proctor modificado (Tabla N° 12).

Tabla 11: Características de los métodos para elaborar el ensayo de Proctor estándar.

	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4 pulg.	4 pulg.	4 pulg.
Volumen del molde	944 cm <sup>3</sup>	944 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del pisón	2.5 kg	2.5 kg	2.5 kg
Altura de caída	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm
Número de golpes	25 golpes	25 golpes	56 golpes
Número de capas	3	3	3
Energía de compactación	591.3 kn/m <sup>3</sup>	591.3 kn/m <sup>3</sup>	591.3 kn/m <sup>3</sup>
Suelo a usar	Pasante a la malla N°4. Se usa si 20% o menos de material es retenido en la malla N°4	Pasante a la malla 3/8". Se usa si el suelo retenido en la malla N°4 es más del 20% y 20% o menos es retenido en la malla 3/8".	Pasante a la malla 3/4". Se usa si más del 20% de material es retenido en la malla 3/8" y menos del 30% es retenido en la malla 3/4".

Fuente: Braja, M, 2001.

Tabla 12: Características de los métodos para elaborar el ensayo de Proctor modificado.

	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4 pulg.	4 pulg.	6 pulg.
Volumen del molde	944 cm <sup>3</sup>	944 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del pisón	4.54 kg	4.54 kg	4.54 kg
Altura de caída	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes	25 golpes	25 golpes	56 golpes
Número de capas	5	5	5
Energía de compactación	2696 kn/m <sup>3</sup>	2696 kn/m <sup>3</sup>	2696 kn/m <sup>3</sup>
Suelo a usar	Pasante a la malla N°4. Se usa si 20% o menos de material es retenido en la malla N°4	Pasante a la malla 3/8". Se usa si el suelo retenido en la malla N°4 es más del 20% y 20% o menos es retenido en la malla 3/8".	Pasante a la malla 3/4". Se usa si más del 20% de material es retenido en la malla 3/8" y menos del 30% es retenido en la malla 3/4".

Fuente: Braja. M, 2001.

En la figura N° 8 se muestra la curva típica que se obtiene con los datos de las humedades y densidades secas, para finalmente hallar el contenido de humedad óptimo (CHO) y la densidad seca máxima ( $\delta_s$ ). En la figura N° 7 se muestra el procedimiento, aplicando el método A para obtener contenidos de humedad y densidades secas del suelo a través del ensayo Proctor modificado.

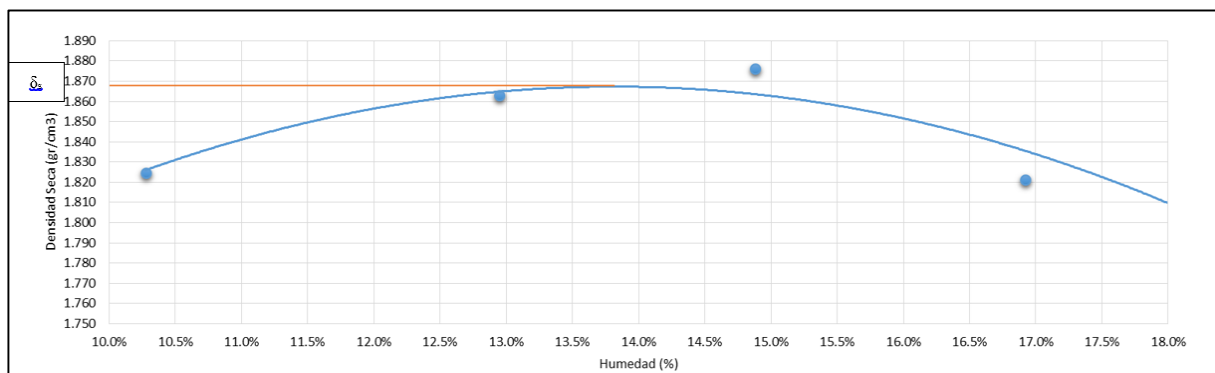


Figura N° 8: Curva resultante para hallar el contenido de humedad óptimo (CHO) y la densidad seca máxima ( $\delta_s$ ) del suelo.

1.- Tomar 3 kg de suelo y pasarlos a través del tamiz N°4, añadir agua, y compactarlos en un molde 944 cm<sup>3</sup> en tres capas con 25 golpes por capa.

2.- Luego de compactada la muestra es removida del molde y desbaratada nuevamente hasta obtener grumos de tamaño aproximado del tamiz N°4.

3.- Se toman muestras para contenido de humedad. Se añade más agua y se mezcla cuidadosamente el suelo. Luego se procede a compactar nuevamente el suelo en el molde.

4.- Esta secuencia se repite un número de veces suficiente para obtener datos que permitan dibujar una curva de densidad seca contra contenido de humedad.

5.- La ordenada de este diagrama es la densidad seca. La ordenada máxima de este diagrama se conoce como la densidad seca máxima ( $\delta_s$ ) y el contenido de humedad al cual se presenta esta densidad se denomina contenido de humedad óptimo (CHO).

Figura N° 9: Procedimiento para obtener contenidos de humedad y densidades secas del suelo mediante el ensayo Proctor modificado por el método "A".

Fuente: J. Bowles, 1981.

### 2.2.3 Sistema CONSOLID

El sistema CONSOLID, es un estabilizador de suelos cohesivos y semi cohesivos ya que éstos tienen la propiedad de volver a petrificarse en tiempos prolongados y a presiones muy altas. El sistema actúa al acelerar estos procedimientos por procesos catalíticos, activando el suelo mediante procesos catalizadores, un proceso catalizador se da cuando en una reacción interviene un reactivo para acelerar o desacelerar el proceso normal de la reacción. El sistema CONSOLID se basa en la aplicación y mezcla con el suelo de dos componentes: el Consolid 444 que es el componente líquido y el Solidry que es el componente en polvo (*Consolid Productos Viales, 2016*).

#### *Componente Líquido C444*

El Consolid 444 es el componente que permite una aglomeración irreversible de las partículas finas del suelo. De este modo, permite una reducción de la superficie activa del suelo actuando sobre el agua absorbida, insertándose en las partículas del suelo, formando complejas estructuras moleculares que actúan mediante procesos catalíticos. De esta forma,

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayocoma, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



reduce la tensión superficial de agua que circunda dichas partículas de suelo, promoviendo una mayor compactación entre ellas. También, provee una mayor resistencia a la deformación y disminuye la saturación capilar del suelo (*Consolid Productos Viales*).

Aplicación habitual 0.04% sobre el suelo tratado, con cualquier maquinaria que asegure una distribución homogénea sobre el terreno.

### ***Componente sólido SOLIDRY - SD***

El Solidry es un producto complementario del Consolid 444 que refuerza la protección contra el agua, bloqueando los capilares y permitiendo además que el agua de la superficie no penetre en la capa tratada. Está diseñado para ser aplicado a suelos de alta plasticidad, llevando su índice plástico a valores tales que el suelo pueda ser tratado fácilmente. De esta manera, impermeabiliza el suelo eliminando su sensibilidad al agua. Se debe tener en cuenta los siguientes aparatos (*Consolid Productos Viales*). Este aditivo se aplica entre 0.5% y 2% respecto del suelo tratado y actúa sobre la carga iónica de las partículas, facilitando su unión y evitando la entrada de agua.

### ***Estabilización con el sistema CONSOLID***

“A la estabilización de suelos se la puede definir como la modificación de las propiedades y comportamientos mecánicos del suelo, de tal manera que los transforma en un material apto para la construcción de caminos” (*Manual Técnico del Sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra, 1995*). Esta modificación, puede darse aplicando el químico CONSOLID, cuya acción mejora las propiedades mecánicas promoviendo la aceleración de componentes naturales de atracción de partículas y compactación. Se recomienda usar el sistema CONSOLID cuando el suelo es usado como material de construcción y causa problemas de estabilidad.

### **Propiedades del sistema CONSOLID**

Las principales propiedades referidas a la estabilización de suelos con el sistema CONSOLID, definidas en su manual técnico son:

- El tratamiento funciona fácilmente con cualquier tipo de suelo, sin importar su composición física y química.
- No reacciona químicamente con el suelo.
- A fin de lograr una mayor densidad en el suelo, el tratamiento opera como catalizador de la petrificación de la tierra.
- El tratamiento reduce la velocidad ascenso capilar y la absorción de la superficie.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbilla, Cusipata, Pucallpa – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



- El tratamiento es permanente y amigable con el medio ambiente.

### **Ventajas del uso del Sistema CONSOLID**

- ✓ Petrifica el suelo, compacta y aporta protección capilar.
- ✓ Actúa sobre las partículas finas convirtiéndolas en ligantes naturales.
- ✓ Incrementa la capacidad soporte del suelo de manera muy significativa.
- ✓ Se establece que el sistema CONSOLID es capaz de funcionar en cualquier tipo de suelo de manera reversible, que quiere decir que una vez aplicado en el suelo es posible desmenuzarlo y compactarlo innumerables veces

### **Desventajas del uso del Sistema CONSOLID**

- Una desventaja es que, se pueden presentar problemas como la extrema variación de los tipos de suelos con la aplicación del sistema.
- Para la adquisición del aditivo se realiza mediante un proveedor autorizado, lo que dificulta encontrar el producto de manera comercial.
- El sistema no actúa eficientemente en suelos que no presenten un contenido de limos y arcillas que oscile entre los valores de 20% - 30%.

### ***Rangos de dosificación del sistema CONSOLID***

Los valores de C-444 que es un líquido soluble en agua y SD que es un polvo aplicable en suelo seco respectivamente, se presentan a continuación con los datos que el fabricante estima necesarios, los cuales fueron obtenidos luego de varios ensayos, experimentaciones y análisis, estos son (*J. Aguirre, 2012*):

C-444 ----- 0,4 a 0,8 l/m<sup>3</sup>

SD ----- 1 a 2% en peso (2 a 4 kg/m<sup>2</sup>)

## **2.3 Hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis general**

Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con las dosificaciones óptimas del sistema CONSOLID, cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070 y E.080.



### 2.3.2 Sub hipótesis

**Hipótesis específica 1:** Si es posible determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco.

**Hipótesis específica 2:** El valor  $f_b$  de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, se incrementa de manera proporcional al adicionar componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m<sup>3</sup>.

**Hipótesis específica 3:** El valor de  $f_b$  de las unidades de albañilería, fabricadas con suelo de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, se incrementa adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de San Jerónimo.

## 2.4 Definición de Variables

### 2.4.1 Variables independientes

**Propiedades físico-mecánicas del suelo natural:** Son las características físicas y mecánicas que tiene nuestro suelo en el estado en que se produjo la extracción del mismo.

### 2.4.2 Variables dependientes

**Propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con Sistema CONSOLID.:** Son las características físico-mecánicas que tendrán las unidades de albañilería de tierra cruda que cuentan con la estabilización del SISTEMA CONSOLID.

**Dosificación de componente líquido C444:** Es la cantidad de componente líquido C444 en litros que será parte de una dosificación final para nuestro producto.

**Dosificación de componente sólido SOLIDRY:** Es la cantidad de componente sólido SOLIDRY en Kilogramos que será parte de una dosificación final para nuestro producto.

## 2.5 Definición de Indicadores

### 2.5.1 Indicadores Independientes

**Límites de Atterberg:** Son los parámetros del suelo donde pasa de comportarse de sólido, semisólido a semilíquido.

**Contenido de Humedad:** Es la cantidad de agua, con respecto a una masa de suelo.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo, Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



**Ensayo Proctor:** Es el ensayo que define el CHO y la densidad máxima seca de un suelo.

### 2.5.2 Indicadores Dependientes

**Variación dimensional:** Es la variación que tienen las unidades de albañilería con respecto a sus dimensiones.

**Alabeo:** Es el ensayo que mide la convexidad y la concavidad de las unidades de albañilería.

**Succión:** Es el ensayo que permite conocer la cantidad de agua que succionan las unidades de albañilería del morteo.

**Absorción:** Es el ensayo que permite conocer la cantidad de vacíos que poseen las unidades.

**Resistencia a la Compresión:** Es el ensayo que permite conocer la resistencia a compresión simple de las unidades.

**Módulo de Rotura:** Este ensayo es una medida de la calidad de las unidades de albañilería, ya que mide cuan propensos son estos a fallas por tracción o flexión.

**Dosificación del componente líquido C444:** Es la cantidad de aditivo líquido que se utilizará en diferentes dosificaciones para el estudio del comportamiento de las unidades con la aplicación del mismo.

**Dosificación del componente sólido SOLIDRY:** Es la cantidad de aditivo sólido que se utilizará en diferentes dosificaciones para el estudio del comportamiento de las unidades con la aplicación del mismo.



2.4.1. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 13: Cuadro de operacionalización de variables.

Cuadro de Operacionalización de Variables						
	Denominación de la Variable	Descripción de la Variable	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumentos	Fuentes
Independiente	Propiedades físico-mecánicas del suelo natural	Son las características físicas y mecánicas que tiene nuestro suelo en el estado en que se produjo la extracción del mismo.	- Límites de Atterberg. - Contenido de Humedad. - Proctor.	- % - % - gr/cm <sup>3</sup>	Manuales de laboratorio -Hojas de cálculo	-Manual de Ensayo de Materiales del MTC.
Dependiente	Propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con Sistema CONSOLID	Son las características físicas y mecánicas que tendrán las unidades de albañilería de tierra cruda que cuentan con la estabilización del SISTEMA CONSOLID.	- Variación dimensional - Alabeo - Succión - Absorción - Resistencia a la compresión - Módulo de Rotura	-% V -mm -% gr/200cm <sup>2</sup> -% A -f <sup>b</sup> kg/cm <sup>2</sup> -kg/cm <sup>2</sup>	Manuales de laboratorio -Hojas de cálculo	-Norma Técnica Peruana (NTP 399.613) -Reglamento Nacional de Edificaciones (E.070) -Manual de datos técnicos del sistema CONSOLID
	Dosificación de componente líquido C444	Es la cantidad de componente líquido C444 en litros que será parte de una dosificación final para nuestro producto.	- Dosificación de componente líquido C444	l/m <sup>3</sup>	Hojas de recolección de datos -Hojas de cálculo	-Manual de datos técnicos del sistema CONSOLID
	Dosificación de componente sólido SOLIDRY	Es la cantidad de componente sólido SOLIDRY en Kilogramos que será parte de una dosificación final para nuestro producto.	- Dosificación de componente sólido SOLIDRY	Kg/m <sup>3</sup>	Hojas de recolección de datos -Hojas de cálculo	-Manual de datos técnicos del sistema CONSOLID

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

## CAPÍTULO III

### 3. Metodología

#### 3.1 Metodología de la Investigación

##### 3.1.1 Enfoque de la investigación

Esta investigación fue del tipo *cuantitativa* porque se describió y analizó un hecho real de forma tangible, observable y medible para dar un aporte científico, mediante el mayor número posible de especímenes a investigar. De acuerdo a Sampieri (2014), “La investigación cuantitativa utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”

##### 3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

La investigación fue *descriptiva* porque buscó especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analizó. “Este tipo de estudios tiene como finalidad especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Sampieri, 2014).

Fue *correlacional* porque buscó la relación de dependencia de variables “Este tipo de estudios tiene como finalidad asociar variables mediante un patrón predecible para un grupo o población.” (Sampieri, 2014).

##### 3.1.3 Método de investigación

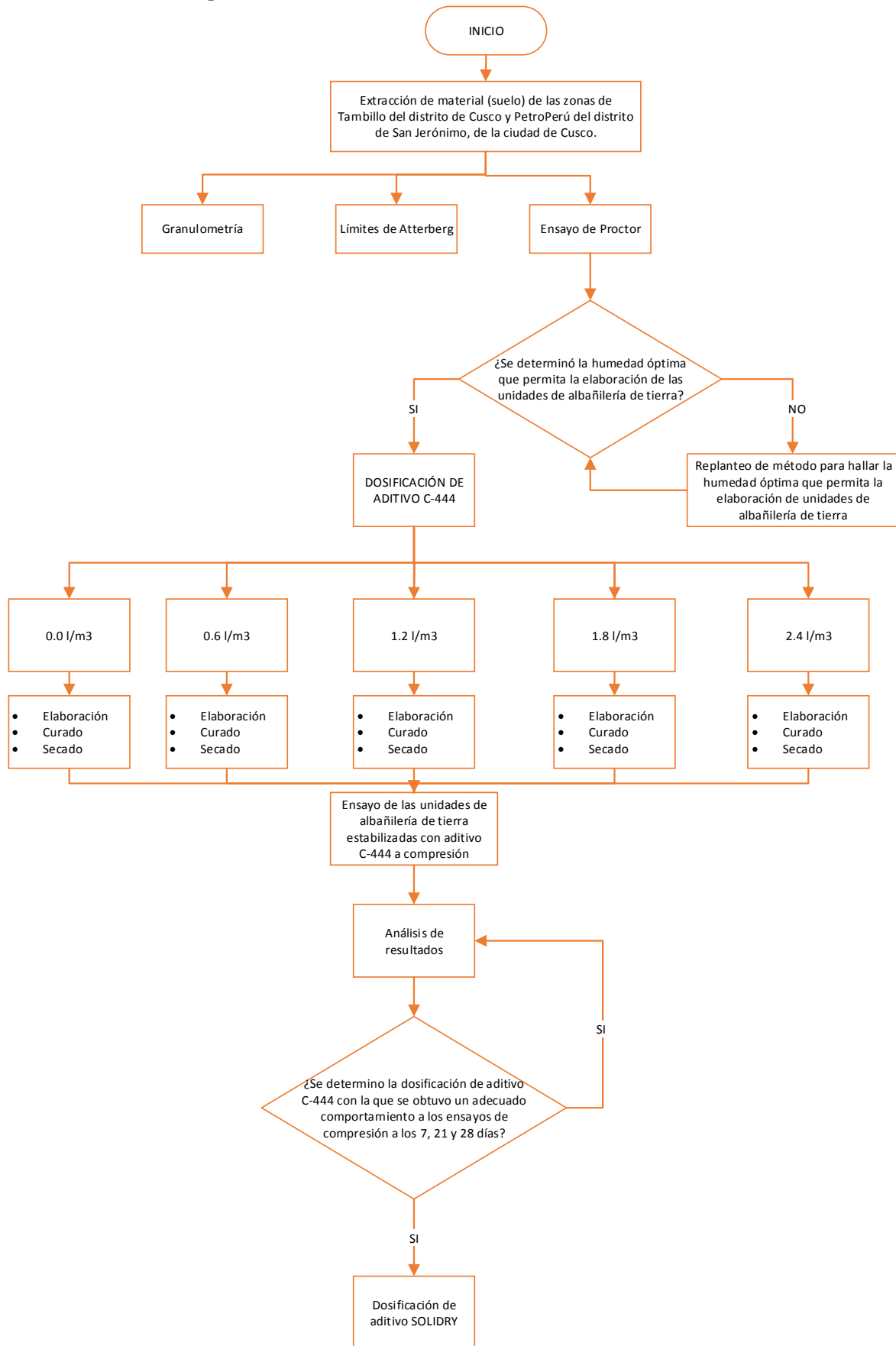
El método que se utilizó fue *hipotético-deductivo*, pues como lo afirma Bernal (2010), “El método hipotético-deductivo consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal, 2010).

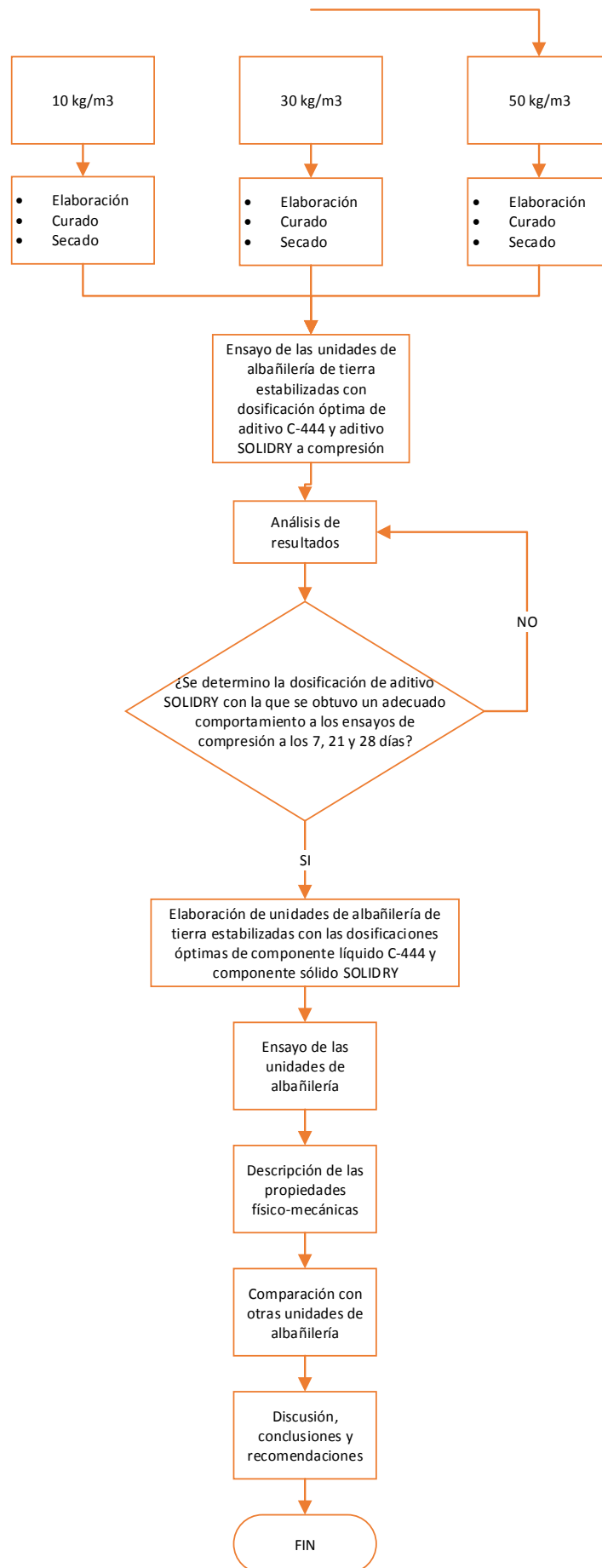
#### 3.2 Diseño de la Investigación

##### 3.2.1 Diseño metodológico

El diseño metodológico de la tesis se rigió por el diseño experimental. Hernández, Fernández y Baptista (2014) dicen que una investigación experimental “se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes. Lo que hacemos en la investigación experimental es realizar una acción y posteriormente observar las consecuencias, para después analizarlos.”

### 3.2.2 Diseño de ingeniería





## *Diseño de fabricación de unidades de albañilería estabilizadas con sistema CONSOLID*

### *Fabricación de la unidad de albañilería estabilizada*

Para elaborar la unidad de albañilería, se selecciona la zona de la que se extraerá el suelo. Se saca material representativo para un estudio de sus características, luego de extraer el material se acopia en un lugar de almacenamiento fresco y seco.

### *Componentes*

**Suelo:** se realizara un muestreo de suelo por el método del cuarteo para hallar una muestra de suelo representativo para ensayos preliminares de clasificación de suelos. Una vez clasificado el suelo se tendrá el tipo de suelo que nos servirá para la dosificación de aditivo.

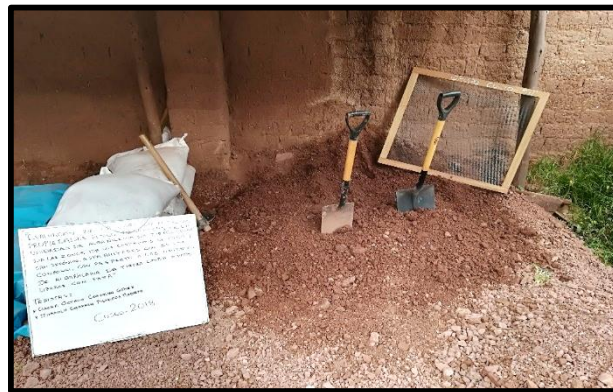


Figura N° 10: Suelo del Distrito de Cusco.

**Agua:** se calculará el contenido de humedad para la unidad de albañilería fabricando especímenes solo con agua (distintos %), se toma como valor mínimo el contenido óptimo de humedad obtenido del ensayo próctor modificado y como máximo valor el límite líquido. En función a la trabajabilidad y densidad que presentan las unidades de albañilería, luego de comprimido en la maquina manual se determinara un contenido de humedad óptimo de fabricación.




Figura N° 11: Unidades de Albañilería con Distintos Porcentajes de Humedad.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbilla, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



**Sistema CONSOLID:** Se fabricarán 5 especímenes por cada dosificación (5 dosificaciones) solo con componente C444 (líquido) para poder secar un óptimo valor con el que se alcance la mejor resistencia, una vez obtenido el valor óptimo de este componente se procede a realizar 5 especímenes por cada dosificación con el valor óptimo del componente líquido C444 más componente sólido SOLIDRY (3 dosificaciones) para obtener un valor óptimo con el que se alcance la máxima resistencia a la compresión.

Se fabricarán estas unidades de albañilería para su rotura a los 7, 14 y 28 días de secado desde su fabricación para ensayarlos a resistencia a la compresión y para los ensayos de módulo de rotura, variación dimensional, alabeo, succión, absorción. En la siguiente tabla se observa el proceso de fabricación.

<p>1. Tamizar el material con el que se fabricaron las unidades de albañilería (malla N° 4)</p>	
<p>2. Se hará dormir el material durante 24 horas con un cierto contenido de humedad (inferior al óptimo), para mantener una humedad homogénea.</p>	
<p>3. La cantidad de aditivo será proporcional al volumen del material con el que se trabajará.</p>	

<p>4. Se procede a sacar la humedad del suelo húmedo transcurrido las 24 horas, para poder añadirle agua más el componente líquido C444 y que así se pueda llegar al contenido óptimo de humedad de compactación ya establecido.</p>	
<p>5. Se procede a añadirle el componente SOLIDRY que es en polvo, y se realiza el mezclado manual.</p>	
<p>6. Realizada la mezcla se pesa una cantidad de material (5 a 6 kg) para realizar un esfuerzo normal al momento de hacer la compactación.</p>	
<p>7. Se compacta y se retira el espécimen hacia el área de secado.</p>	
<p>8. Se termina con el curado durante 7 días y 21 días de secado.</p>	

Figura N° 12: Proceso de Fabricación de la Unidad de Albañilería.



### **3.3 Población y Muestra**

#### **3.3.1 Población**

##### **3.3.1.1 Descripción de la población**

La población en estudio fueron las unidades de albañilería de tierra cruda, fabricadas con suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con sistema CONSOLID.

##### **3.3.1.2 Cuantificación de la población**

Fueron una población finita constituida por: las unidades de albañilería de tierra cruda, fabricadas con suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con sistema CONSOLID.

#### **3.3.2 Muestra**

##### **3.3.2.1 Descripción de la muestra**

Fueron una cantidad finita de unidades de albañilería de tierra cruda, fabricadas con suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco con dimensiones 24.80x12.40x9.50 cm y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco con dimensiones 24.90x12.50x9.60 cm, estabilizadas con sistema CONSOLID.

##### **3.3.2.2 Cuantificación de la muestra**

La cantidad de muestra a estudiar fueron 120 unidades de albañilería de tierra cruda, fabricadas con suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y 120 unidades de albañilería de tierra cruda, fabricadas con suelo de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con sistema CONSOLID.

##### **3.3.2.3 Método de muestreo**

La investigación seguirá un método no probabilístico de muestreo, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador, siguiendo la metodología propuesta en el capítulo anterior.

### 3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra

Se realizó un muestreo por conveniencia, en este caso el investigador decidió en base a los conocimientos de la población, quienes son los que deben formar parte de la muestra.


### 3.3.3 Criterios de inclusión

Unidades de albañilería de tierra cruda, fabricadas con suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con sistema CONSOLID.


## 3.4 Instrumentos

### 3.4.1 Instrumentos metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

Tabla 14: Determinación de la granulometría del suelo.



Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil



Ensayo: **Granulometría**

Manual Ensayo de Materiales MTC,2016

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco

Distrito :

Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida :

Observaciones :

**Datos del Ensayo**

Peso inicial de la muestra seca =

Peso de la muestra despues del lavado =

Perdida por lavado =

Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"			
N°4			
N°8			
N°10			
N°40			
N°50			
N°100			
N°200			
FONDO			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 15: Determinación del contenido de humedad del suelo.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera profesional de Ingeniería Civil

Ensayo: **Contenido de Humedad**  
Manual Ensayo de Materiales MTC,2016

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distritos :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : Porcentaje [%]  
Observación :

**Datos del Ensayo**

Tara #	1	2	3
Peso de T			
Peso de T + SH			
Peso de T + SS			
Peso de agua			
Peso de suelo seco			
Cont. De humedad			
Prom. Cont. Humedad			

Tabla 16: Determinación del límite plástico del suelo.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

Ensayo: **Límite Plástico**  
Manual Ensayo de Materiales MTC,2016

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : Porcentaje [%]  
Observaciones :

**Datos del Ensayo**

Tara #	1	2	3
Peso de T			
Peso de T + SH			
Peso de T + SS			
Peso de agua			
Cont. De humedad			
Limite Plástico			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 17: Determinación del límite líquido del suelo.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: Límite Líquido**

Manual Ensayo de Materiales MTC,2016

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : Porcentaje [%]  
Observaciones :

**Datos del Ensayo**

Tara #	1	2	3
Peso de T			
Peso de T + SH			
Peso de T + SS			
Peso de agua			
Peso de suelo seco			
Número de golpes			
Cont. De humedad			
Límite Líquido			

Tabla 18: Determinación del próctor modificado - método C.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: Proctor Modificado - Método "A"**

Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : gr/cm3  
Observaciones :

**Datos del Ensayo**

Prueba #	N°	1	2	3	4	5
Peso de Molde :	gr					
Peso Molde + SH :	gr					
Peso de SH :	gr					
Densidad de SH :	gr/cm2					
Tara # :	N°					
Peso de Tara :	gr					
Peso de Tara + SH :	gr					
Peso de Tara + SS :	gr					
Peso de Agua :	gr					
Peso de SS :	gr					
Cont. De Humedad :	%					
Densidad de SS :	gr/cm2					

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 19: Determinación de la resistencia a la compresión.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

Ensayo: **RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm<sup>2</sup>  
Observaciones :  
Edad :  
Dosificación C444 : Dosificación Solidry :

<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [Kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1							
N2							
N3							
N4							
N5							

Tabla 20: Determinación de la variación dimensional.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

Ensayo: **Variación Dimensional**  
NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :


**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : mm  
Observaciones :  
Edad :  
Dosificación C444 : Dosificación Solidry :


Especimen	Longitud [mm]				Ancho [mm]				Altura [mm]			
	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
	L prom =				A prom =				H prom =			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 21: Determinación del módulo de rotura.



Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil



Ensayo: **Módulo de Rotura**  
NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :


**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : Kg/cm<sup>2</sup>  
Observaciones :  
Edad :  
Dosificación C444 : Dosificación Solidry :


**Datos del Ensayo**

Testigo #	Espesor cm	Ancho cm	Presion Kg	Modulo de Rotura Kg/cm <sup>2</sup>
1				
2				
3				
4				
5				

Tabla 22: Determinación del coeficiente de succión.



Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil



Ensayo: **Succión**  
NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm<sup>2</sup>  
Observaciones :  
Edad :  
Dosificación C444 : Dosificación Solidry :

**Datos del Ensayo**

Testigo #	Peso Seco gr	P. húmedo gr	Ancho cm	Largo cm	Area cm <sup>2</sup>	S
1						
2						
3						
4						
5						
					S prom =	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 23: Determinación de la absorción.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: Absorción**

NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : %  
Observaciones :  
Edad :  
Dosificación C444 : Dosificación Solidry :

**Datos del Ensayo**

Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción	
	gr	gr	%	
1				
2				
3				
4				
5				
			Absorción Promedio	

Tabla 24: Determinación del alabeo.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: Alabeo**

NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito :  
Fecha de Ensayo :

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : mm  
Observaciones :  
Edad :  
Dosificación C444 : Dosificación Solidry :

**Datos del Ensayo**

	CARA "A"		CARA "B"	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
Especimen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Promedio	Cóncavo			
	Convexo			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.4.2 Instrumentos de Ingeniería

- ✓ Flexómetro.
- ✓ Balanza.
- ✓ Bandejas.
- ✓ Cuchara de Casagrande.
- ✓ Vidrio Pulido.
- ✓ Ranurador.
- ✓ Envases Metálicos (Taras).
- ✓ Juego de Tamices.
- ✓ Horno de Temperatura de 110°C.
- ✓ Prensa Mecánica.
- ✓ Probeta.
- ✓ Máquina de Compresión.
- ✓ Tinas.
- ✓ Cámara Fotográfica.

### 3.5 Procedimientos de Recolección de Datos

#### 3.5.1 Muestreo de Suelo



Figura N° 13: Extracción de Tierra de los Sectores Tambillo y PetroPerú.

#### *Equipos y Materiales*

- ✓ Suelo del lugar de investigación.
- ✓ Palas.
- ✓ Picos.
- ✓ Canter de 3 m<sup>3</sup>.

*Procedimiento*

- ❖ Registrar la zona de la cual se va a extraer la tierra con la cual se hará la investigación y con ayuda de picos y palas levantar la cantidad de tierra necesaria para realizar toda la investigación en el vehículo Canter de una capacidad aproximada de 3 m<sup>3</sup>. Es importante mencionar, que la tierra recolectada no se tamizó ni se escogió, sino que es tierra completamente natural que posteriormente se preparó (tamizar con malla N°4) en almacén para poder realizar los ensayos de suelo y la fabricación de las unidades de albañilería.

**3.5.2 Ensayos de Suelos**

**3.5.2.1 Ensayo de Contenido de Humedad**

*Equipos y Materiales*

- ✓ Tara de metal.
- ✓ Balanza de precisión.
- ✓ Horno de Temperatura de 110°C.

*Procedimiento*

- ❖ Sacar una muestra del material que se requiere conocer el contenido de humedad.
- ❖ Anotar el número de tara a utilizar y obtener su peso mediante una balanza de precisión.
- ❖ Poner el material en la tara y se lleva al horno de temperatura durante un lapso de 24 hrs.
- ❖ Transcurrido el tiempo esperar que enfríe la tara y obtener el peso mediante la balanza.

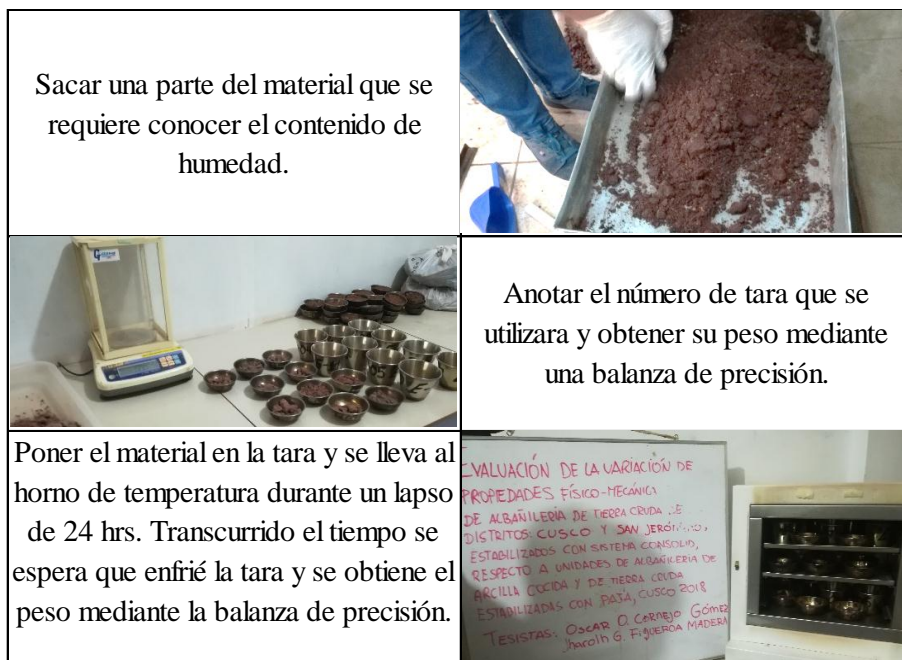


Figura N° 14: Procedimiento para realizar el ensayo de Contenido de Humedad en el Suelo Natural.

## Toma de Datos

Tabla 25: Contenido de humedad del suelo natural - distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de ingeniería y Arquitectura Carrera profesional de Ingeniería Civil																																	
Ensayo:	<b>Contenido de Humedad</b>																																	
	Manual Ensayo de Materiales MTC,2016																																	
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018																																	
Localización :	Cusco																																	
Distritos :	San Jerónimo																																	
Fecha de Ensayo :	16/01/2018																																	
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																	
Unidad de Medida :	Porcentaje [%]																																	
Observación :	Ninguna																																	
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																	
	<table border="1"><thead><tr><th>Tara #</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Peso de T</td><td>19.10</td><td>14.78</td><td>18.69</td></tr><tr><td>Peso de T + SH</td><td>37.44</td><td>29.42</td><td>33.74</td></tr><tr><td>Peso de T + SS</td><td>35.61</td><td>27.89</td><td>32.13</td></tr><tr><td>Peso de agua</td><td>1.83</td><td>1.53</td><td>1.61</td></tr><tr><td>Peso de suelo seco</td><td>16.51</td><td>13.11</td><td>13.44</td></tr><tr><td>Cont. De humedad</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Prom. Cont. Humedad</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Tara #	1	2	3	Peso de T	19.10	14.78	18.69	Peso de T + SH	37.44	29.42	33.74	Peso de T + SS	35.61	27.89	32.13	Peso de agua	1.83	1.53	1.61	Peso de suelo seco	16.51	13.11	13.44	Cont. De humedad				Prom. Cont. Humedad				
Tara #	1	2	3																															
Peso de T	19.10	14.78	18.69																															
Peso de T + SH	37.44	29.42	33.74																															
Peso de T + SS	35.61	27.89	32.13																															
Peso de agua	1.83	1.53	1.61																															
Peso de suelo seco	16.51	13.11	13.44																															
Cont. De humedad																																		
Prom. Cont. Humedad																																		

Tabla 26: Contenido de humedad del suelo natural - distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de ingeniería y Arquitectura Carrera profesional de Ingeniería Civil																																	
Ensayo:	<b>Contenido de Humedad</b>																																	
	Manual Ensayo de Materiales MTC,2016																																	
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018																																	
Localización :	Cusco																																	
Distritos :	Cusco																																	
Fecha de Ensayo :	17/01/2018																																	
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																	
Unidad de Medida :	Porcentaje [%]																																	
Observación :	Ninguna																																	
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																	
	<table border="1"><thead><tr><th>Tara #</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Peso de T</td><td>19.51</td><td>15.16</td><td>14.90</td></tr><tr><td>Peso de T + SH</td><td>38.70</td><td>29.40</td><td>32.78</td></tr><tr><td>Peso de T + SS</td><td>36.51</td><td>27.87</td><td>30.70</td></tr><tr><td>Peso de agua</td><td>2.19</td><td>1.53</td><td>2.08</td></tr><tr><td>Peso de suelo seco</td><td>17.00</td><td>12.71</td><td>15.80</td></tr><tr><td>Cont. De humedad</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Prom. Cont. Humedad</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Tara #	1	2	3	Peso de T	19.51	15.16	14.90	Peso de T + SH	38.70	29.40	32.78	Peso de T + SS	36.51	27.87	30.70	Peso de agua	2.19	1.53	2.08	Peso de suelo seco	17.00	12.71	15.80	Cont. De humedad				Prom. Cont. Humedad				
Tara #	1	2	3																															
Peso de T	19.51	15.16	14.90																															
Peso de T + SH	38.70	29.40	32.78																															
Peso de T + SS	36.51	27.87	30.70																															
Peso de agua	2.19	1.53	2.08																															
Peso de suelo seco	17.00	12.71	15.80																															
Cont. De humedad																																		
Prom. Cont. Humedad																																		

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.2.2 Granulometría

#### Equipos y Materiales

- ✓ Suelo de los distritos de San Jerónimo y Cusco.
- ✓ Balanza.
- ✓ Serie de tamices.
- ✓ Brocha.
- ✓ Cuchara de metal.
- ✓ Cepillo metálico.

#### Procedimiento

- ❖ Preparar la muestra mediante el método del cuarteo para después lavar la muestra y eliminar el exceso de finos, dejar en el horno de laboratorio durante 24 hrs.
- ❖ Se registra el peso inicial de toda la muestra y mediante una cuchara metálica se pone poco a poco toda la muestra dentro de la serie de tamices previamente ordenada.
- ❖ En el tamizado manual agitar todo el juego de tamices durante 3 minutos de manera homogénea con ayuda de un trapo o tela en la parte inferior para que no se desplace la masa.
- ❖ Sacar cada uno de los tamices de manera ordenada y se pesan las partes retenidas en cada tamiz con ayuda de la balanza.

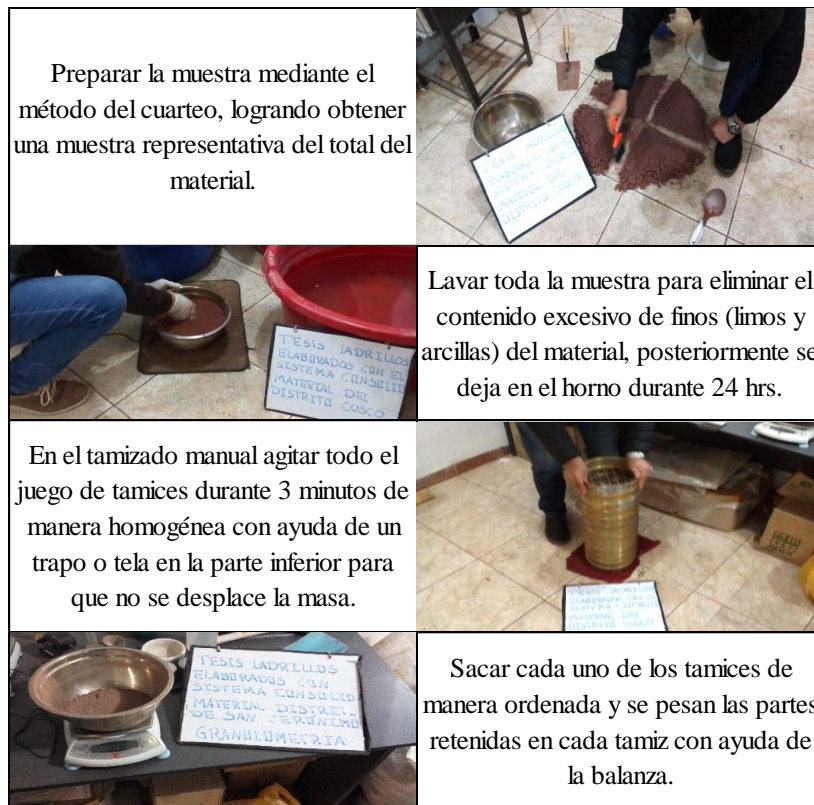




Figura N° 15: Procedimiento para realizar el ensayo de Granulometría en Laboratorio.

*Toma de Datos*

Los datos obtenidos corresponden a 2 tipos de suelos correspondientes a los distritos de San Jerónimo y Cusco.

Tabla 27: Granulometría correspondiente al sector de Tambillo - distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil																																																																					
Ensayo:	<b>Granulometría</b>																																																																					
Proyecto :	Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016																																																																					
Localización :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018																																																																					
Distrito :	Cusco																																																																					
Fecha de Ensayo :	22/02/2018																																																																					
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																																																					
Unidad de Medida :	%																																																																					
Observaciones :	Ninguna																																																																					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																																																					
Peso inicial de la muestra seca =	1025.60 gr																																																																					
Peso de la muestra después del lavado =	558.50 gr																																																																					
Perdida por lavado =	467.10 gr																																																																					
	<table border="1"><thead><tr><th>Tamiz</th><th>Abertura [mm]</th><th>Retenido [gr]</th><th>% Pasante</th></tr></thead><tbody><tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>3/4"</td><td>19.1</td><td>59.7</td><td></td></tr><tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>33.2</td><td></td></tr><tr><td>3/8"</td><td>9.52</td><td>14.5</td><td></td></tr><tr><td>1/4"</td><td>6.3</td><td>34</td><td></td></tr><tr><td>N°4</td><td>4.76</td><td>21.6</td><td></td></tr><tr><td>N°8</td><td>2.4</td><td>57.8</td><td></td></tr><tr><td>N°10</td><td>2</td><td>15.7</td><td></td></tr><tr><td>N°40</td><td>0.43</td><td>122.7</td><td></td></tr><tr><td>N°50</td><td>0.3</td><td>28</td><td></td></tr><tr><td>N°100</td><td>0.15</td><td>123.8</td><td></td></tr><tr><td>N°200</td><td>0.07</td><td>43.9</td><td></td></tr><tr><td>FONDO</td><td></td><td>470.7</td><td></td></tr></tbody></table>	Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante	3"	76.2	0		2"	50.8	0		1 1/2"	38.1	0		1"	25.4	0		3/4"	19.1	59.7		1/2"	12.7	33.2		3/8"	9.52	14.5		1/4"	6.3	34		N°4	4.76	21.6		N°8	2.4	57.8		N°10	2	15.7		N°40	0.43	122.7		N°50	0.3	28		N°100	0.15	123.8		N°200	0.07	43.9		FONDO		470.7		
Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante																																																																			
3"	76.2	0																																																																				
2"	50.8	0																																																																				
1 1/2"	38.1	0																																																																				
1"	25.4	0																																																																				
3/4"	19.1	59.7																																																																				
1/2"	12.7	33.2																																																																				
3/8"	9.52	14.5																																																																				
1/4"	6.3	34																																																																				
N°4	4.76	21.6																																																																				
N°8	2.4	57.8																																																																				
N°10	2	15.7																																																																				
N°40	0.43	122.7																																																																				
N°50	0.3	28																																																																				
N°100	0.15	123.8																																																																				
N°200	0.07	43.9																																																																				
FONDO		470.7																																																																				

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 28: Granulometría correspondiente al sector de PetroPerú - distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil																																																																					
Ensayo:	<b>Granulometría</b>																																																																					
Proyecto :	Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016																																																																					
Localización :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018																																																																					
Distrito :	Cusco																																																																					
Fecha de Ensayo :	San Jerónimo																																																																					
	23/02/2018																																																																					
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																																																					
Unidad de Medida :	%																																																																					
Observaciones :	Ninguna																																																																					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																																																					
Peso inicial de la muestra seca =	582.10 gr																																																																					
Peso de la muestra despues del lavado =	384.90 gr																																																																					
Perdida por lavado =	197.20 gr																																																																					
	<table border="1"><thead><tr><th>Tamiz</th><th>Abertura [mm]</th><th>Retenido [gr]</th><th>% Pasante</th></tr></thead><tbody><tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>3/4"</td><td>19.1</td><td>8.3</td><td></td></tr><tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>3.4</td><td></td></tr><tr><td>3/8"</td><td>9.52</td><td>6.3</td><td></td></tr><tr><td>1/4"</td><td>6.3</td><td>5.4</td><td></td></tr><tr><td>N°4</td><td>4.76</td><td>1.7</td><td></td></tr><tr><td>N°8</td><td>2.4</td><td>4.7</td><td></td></tr><tr><td>N°10</td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>N°40</td><td>0.43</td><td>22.8</td><td></td></tr><tr><td>N°50</td><td>0.3</td><td>34.6</td><td></td></tr><tr><td>N°100</td><td>0.15</td><td>222.3</td><td></td></tr><tr><td>N°200</td><td>0.07</td><td>67.4</td><td></td></tr><tr><td>FONDO</td><td></td><td>204.2</td><td></td></tr></tbody></table>	Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante	3"	76.2	0		2"	50.8	0		1 1/2"	38.1	0		1"	25.4	0		3/4"	19.1	8.3		1/2"	12.7	3.4		3/8"	9.52	6.3		1/4"	6.3	5.4		N°4	4.76	1.7		N°8	2.4	4.7		N°10	2	1		N°40	0.43	22.8		N°50	0.3	34.6		N°100	0.15	222.3		N°200	0.07	67.4		FONDO		204.2		
Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante																																																																			
3"	76.2	0																																																																				
2"	50.8	0																																																																				
1 1/2"	38.1	0																																																																				
1"	25.4	0																																																																				
3/4"	19.1	8.3																																																																				
1/2"	12.7	3.4																																																																				
3/8"	9.52	6.3																																																																				
1/4"	6.3	5.4																																																																				
N°4	4.76	1.7																																																																				
N°8	2.4	4.7																																																																				
N°10	2	1																																																																				
N°40	0.43	22.8																																																																				
N°50	0.3	34.6																																																																				
N°100	0.15	222.3																																																																				
N°200	0.07	67.4																																																																				
FONDO		204.2																																																																				

### 3.5.2.3 Límite Plástico

#### Equipos y Materiales

- ✓ Suelo de los Distritos de San Jerónimo y Cusco.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

- ✓ Vidrio esmerilado.
- ✓ Balanza de precisión.
- ✓ Horno de laboratorio.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Martillo de Goma.
- ✓ Tamiz N°40 (426  $\mu\text{m}$ ).
- ✓ Taras.

### Procedimiento

- ❖ Tamizar la muestra a ensayar con la malla N°40 para obtener los finos del material y se coloca en un recipiente pequeño, en caso de no obtener suficiente material para elaborar el ensayo se golpea las partículas grandes con ayuda de un martillo de goma.
- ❖ Humedecer la muestra hasta lograr una masa lo suficientemente consistente para formar pequeños rollos.
- ❖ Se rueda con las yemas de los dedos sobre la superficie del vidrio esmerilado con una precisión necesaria que forme pequeños cilindros con un diámetro aproximado de 3 mm y se observa que no se generen grietas en el mismo, repetir el proceso hasta que aparezcan las primeras grietas en los pequeños cilindros formados.
- ❖ Poner las muestras que presenten estas grietas en una tara previamente pesada y poner al horno de laboratorio para conocer el contenido de humedad de dichas muestras.

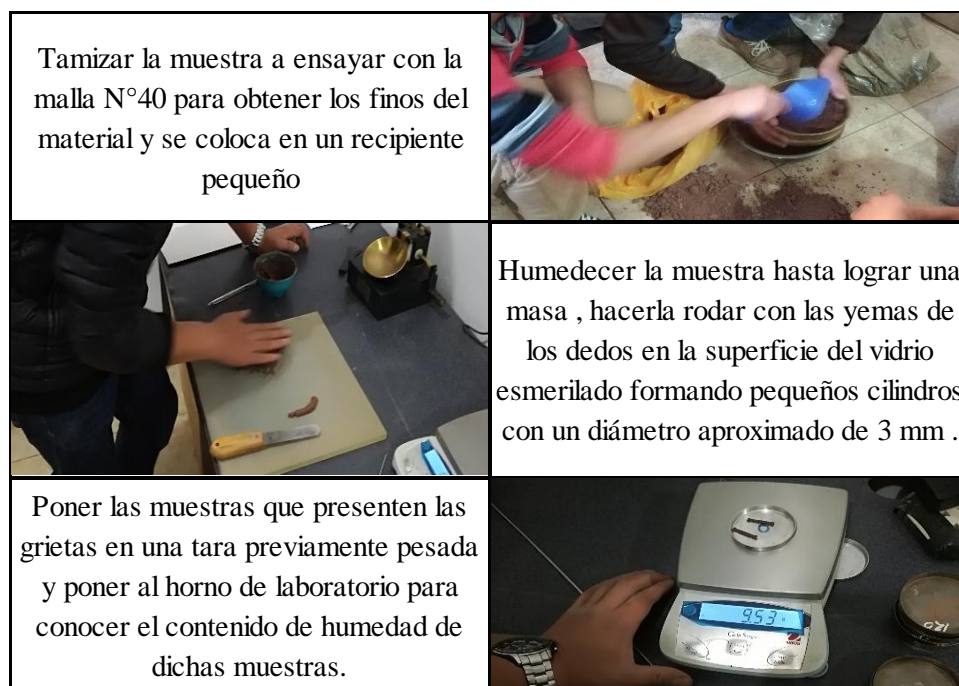


Figura N° 16: Procedimiento para realizar el ensayo de Límite Plástico.



Toma de Datos

Los datos obtenidos corresponden a 2 tipos de suelos correspondientes a los distritos de San Jerónimo y Cusco.

Tabla 29: Límite plástico correspondiente al sector de Tambillo - distrito de Cusco.





	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil		
Ensayo: <b>Límite Plástico</b> Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016			
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018			
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 26/02/2018			
<b>Datos de la Muestra</b>			
Unidad de Medida : Porcentaje [%] Observaciones : Ninguna			
<b>Datos del Ensayo</b>			
Tara #	1	2	3
Peso de T	8.92	8.46	8.77
Peso de T + SH	9.53	9.09	9.39
Peso de T + SS	9.44	9.00	9.30
Peso de agua	0.09	0.09	0.09
Cont. De humedad			
Limite Plástico			

Tabla 30: Límite plástico correspondiente al sector de PetroPerú - distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil		
Ensayo: <b>Límite Plástico</b> Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016			
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018			
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 27/02/2018			
<b>Datos de la Muestra</b>			
Unidad de Medida : Porcentaje [%] Observaciones : Ninguna			
<b>Datos del Ensayo</b>			
Tara #	1	2	3
Peso de T	8.92	8.46	8.77
Peso de T + SH	-	-	-
Peso de T + SS	-	-	-
Peso de agua	-	-	-
Cont. De humedad			
Limite Plástico			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



### 3.5.2.4 Límite Líquido

#### *Equipos y Materiales*

- ✓ Suelo de los Distritos de San Jerónimo y Cusco.
- ✓ Copa de Casagrande.
- ✓ Ranurador.
- ✓ Balanza de precisión.
- ✓ Horno de laboratorio.
- ✓ Taras.
- ✓ Espátula pequeña.

#### *Procedimiento*

Tamizar la muestra a ensayar con la malla N°40 para obtener los finos del material y se coloca en un recipiente pequeño, en caso de no obtener suficiente material para elaborar el ensayo se golpea las partículas grandes con ayuda de un martillo de goma.

Colocar los 250 g de suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme. Cuando se encuentre el suelo en un punto de consistencia tal que se pueda estimar que tomará alrededor de 50 golpes para cerrar en una longitud de 12.7 mm la ranura, remover alrededor de 20 g de esta muestra adecuadamente mezclada del plato en el que se está trabajando para determinación del límite plástico.

Colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora. A continuación se debe emparejar la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara, recta, que separe completamente la masa de suelo en dos partes.

Tomar una muestra para medir contenido de humedad y colocarla en un recipiente para humedad cuyo peso debió determinarse con anterioridad. Remover los restos de suelo de la cazuela y volverlos al recipiente donde se había preparado la muestra. Añadir una pequeña cantidad de agua al recipiente de porcelana de preparación de suelo y mezclar cuidadosamente hasta obtener una coloración homogénea y consistencia para obtener un número de golpes entre 25 y 30 aproximadamente.

Repetir la secuencia para dos ensayos adicionales con número de golpes entre 20 y 25 y entre 15 y 20, respectivamente para un total de cuatro puntos, pesar las cuatro muestras de humedad obtenidas en los diferentes ensayos, remover las tapas, y colocar los recipientes en un horno.

	<p>Tamizar la muestra a ensayar con la malla N°40 para obtener los finos del material y colocar en un recipiente pequeño, en caso de no obtener suficiente material golpear las partículas grandes.</p>
<p>Colocar los 250 g de suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme.</p>	
	<p>Colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora.</p>
<p>Tomar una muestra para medir contenido de humedad y colocarla en un recipiente para humedad cuyo peso debió determinarse con anterioridad.</p>	
	<p>Repetir la secuencia para dos ensayos adicionales con número de golpes entre 20 y 25 y entre 15 y 20, respectivamente para un total de cuatro determinaciones en el ensayo</p>

Figura N° 17: Procedimiento para realizar el ensayo de Límite Líquido.

## Toma de Datos

Tabla 31: Límite líquido correspondiente al sector de Tambillo, distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil																																	
Ensayo:	<b>Límite Líquido</b>																																	
	Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016																																	
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018																																	
Localización : Cusco																																		
Distrito : Cusco																																		
Fecha de Ensayo : 26/02/2018																																		
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																	
Unidad de Medida : Porcentaje [%]																																		
Observaciones : Ninguna																																		
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																	
	<table border="1"><thead><tr><th>Tara #</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Peso de T</td><td>15.99</td><td>16.07</td><td>16.61</td></tr><tr><td>Peso de T + SH</td><td>26.92</td><td>26.79</td><td>26.97</td></tr><tr><td>Peso de T + SS</td><td>24.63</td><td>24.55</td><td>24.86</td></tr><tr><td>Peso de agua</td><td>2.29</td><td>2.24</td><td>2.11</td></tr><tr><td>Peso de suelo seco</td><td>8.64</td><td>8.48</td><td>8.25</td></tr><tr><td>Número de golpes</td><td>19</td><td>23</td><td>27</td></tr><tr><td>Cont. De humedad</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Tara #	1	2	3	Peso de T	15.99	16.07	16.61	Peso de T + SH	26.92	26.79	26.97	Peso de T + SS	24.63	24.55	24.86	Peso de agua	2.29	2.24	2.11	Peso de suelo seco	8.64	8.48	8.25	Número de golpes	19	23	27	Cont. De humedad				
Tara #	1	2	3																															
Peso de T	15.99	16.07	16.61																															
Peso de T + SH	26.92	26.79	26.97																															
Peso de T + SS	24.63	24.55	24.86																															
Peso de agua	2.29	2.24	2.11																															
Peso de suelo seco	8.64	8.48	8.25																															
Número de golpes	19	23	27																															
Cont. De humedad																																		

Tabla 32: Límite líquido correspondiente al sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil																																	
Ensayo:	<b>Límite Líquido</b>																																	
	Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016																																	
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018																																	
Localización : Cusco																																		
Distrito : San Jerónimo																																		
Fecha de Ensayo : 27/02/2018																																		
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																	
Unidad de Medida : Porcentaje [%]																																		
Observaciones : Ninguna																																		
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																	
	<table border="1"><thead><tr><th>Tara #</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Peso de T</td><td>16.67</td><td>18.56</td><td>16.16</td></tr><tr><td>Peso de T + SH</td><td>36.89</td><td>40.15</td><td>42.80</td></tr><tr><td>Peso de T + SS</td><td>33.49</td><td>36.63</td><td>38.59</td></tr><tr><td>Peso de agua</td><td>3.40</td><td>3.52</td><td>4.21</td></tr><tr><td>Peso de suelo seco</td><td>16.82</td><td>18.07</td><td>22.43</td></tr><tr><td>Número de golpes</td><td>19</td><td>23</td><td>27</td></tr><tr><td>Cont. De humedad</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Tara #	1	2	3	Peso de T	16.67	18.56	16.16	Peso de T + SH	36.89	40.15	42.80	Peso de T + SS	33.49	36.63	38.59	Peso de agua	3.40	3.52	4.21	Peso de suelo seco	16.82	18.07	22.43	Número de golpes	19	23	27	Cont. De humedad				
Tara #	1	2	3																															
Peso de T	16.67	18.56	16.16																															
Peso de T + SH	36.89	40.15	42.80																															
Peso de T + SS	33.49	36.63	38.59																															
Peso de agua	3.40	3.52	4.21																															
Peso de suelo seco	16.82	18.07	22.43																															
Número de golpes	19	23	27																															
Cont. De humedad																																		

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.2.5 Proctor Modificado Método “A”

#### *Equipos y Materiales*

- ✓ Suelo de los Distritos de San Jerónimo y Cusco.
- ✓ Molde de 4 pulgadas de diámetro.
- ✓ Pisón o Martillo de compactación (27.2Kg-f/cm<sup>2</sup>).
- ✓ Horno de laboratorio.
- ✓ Balanza.
- ✓ Regla metálica.

#### *Procedimiento*

Tomar 3 kg de suelo y pasarlos a través del tamiz N°4, añadir agua, y compactarlos en un molde 944 cm<sup>3</sup> en tres capas con 25 golpes por capa.

Luego de compactada la muestra es removida del molde y desbaratada nuevamente hasta obtener grumos de tamaño aproximado del tamiz N°4.

Se toman muestras para contenido de humedad. Se añade más agua y se mezcla cuidadosamente el suelo. Luego se procede a compactar nuevamente el suelo en el molde.

Esta secuencia se repite un número de veces suficiente para obtener datos que permitan dibujar una curva de densidad seca contra contenido de humedad.

La ordenada de este diagrama es la densidad seca. La ordenada máxima de este diagrama se conoce como la densidad seca máxima ( $\delta_s$ ) y el contenido de humedad al cual se presenta esta densidad se denomina contenido de humedad óptimo (CHO).

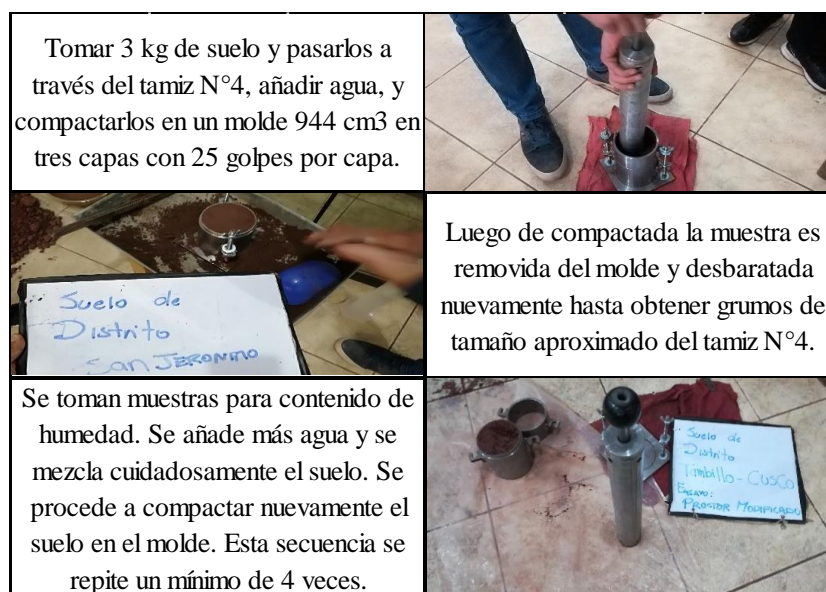


Figura N° 18: Procedimiento para realizar el ensayo de Proctor Modificado – Método “A”.

Toma de Datos

Los datos obtenidos corresponden a 2 tipos de suelos correspondientes a los distritos de San Jerónimo y Cusco.

Tabla 33: Proctor modificado correspondiente al sector de Tambillo - distrito de Cusco.

<div style="text-align: center;">                 Universidad Andina del Cusco                  Facultad de Ingeniería y Arquitectura                  Carrera Profesional de Ingeniería Civil  <b>Proctor Modificado -</b>  <b>Método "A"</b>                  Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016             </div>						
Ensayo:						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 06/03/2018						
<b>Datos de la Muestra</b>						
Unidad de Medida : gr/cm3 Observaciones : Ninguna						
<b>Datos del Ensayo</b>						
Prueba #	N°	1	2	3	4	5
Vol. del Molde :	cm3	880	880	880	880	880
Peso de Molde :	gr	1871	1871	1871	1871	1871
Peso Molde + SH :	gr	3642	3723	3768	3745	3730
Peso de SH :	gr	1771	1852	1897	1874	1859
Densidad de SH :	gr/cm3					
Tara # :	N°	1	2	3	4	5
Peso de Tara :	gr	16.66	16.60	16.35	16.10	16.75
Peso de Tara + SH :	gr	57.15	65.23	56.93	62.91	58.83
Peso de Tara + SS :	gr	53.73	60.00	51.66	56.18	51.77
Peso de Agua :	gr					
Peso de SS :	gr					
Cont. De Humedad :	%					
Densidad de SS :	gr/cm3					

Tabla 34: Proctor modificado correspondiente al sector de PetroPerú - distrito San Jerónimo.

<div style="text-align: center;">                 Universidad Andina del Cusco                  Facultad de Ingeniería y Arquitectura                  Carrera Profesional de Ingeniería Civil  <b>Proctor Modificado -</b>  <b>Método "A"</b>                  Manual Ensayo de Materiales MTC, 2016             </div>						
Ensayo:						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 05/03/2018						
<b>Datos de la Muestra</b>						
Unidad de Medida : gr/cm3 Observaciones : Ninguna						
<b>Datos del Ensayo</b>						
Prueba #	N°	1	2	3	4	5
Vol. del Molde :	cm3	880	880	880	880	880
Peso de Molde :	gr	1871	1871	1871	1871	1871
Peso Molde + SH :	gr	3642	3723	3768	3745	3730
Peso de SH :	gr	1771	1852	1897	1874	1859
Densidad de SH :	gr/cm3					
Tara # :	N°	1	2	3	4	5
Peso de Tara :	gr	16.84	16.39	16.68	16.39	16.21
Peso de Tara + SH :	gr	62.14	63.63	60.20	67.73	81.57
Peso de Tara + SS :	gr	57.93	58.30	54.58	60.33	70.95
Peso de Agua :	gr					
Peso de SS :	gr					
Cont. De Humedad :	%					
Densidad de SS :	gr/cm3					

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.3 Ensayos de Propiedades Mecánicas

#### 3.5.3.1 Ensayo de Resistencia a Compresión Simple

##### Equipos y Materiales

- ✓ Ladrillo Compactado.
- ✓ Máquina de Compresión Simple.
- ✓ Brocha.
- ✓ Tara.
- ✓ Espátula.

##### Procedimiento

Tomar la unidad de albañilería a ensayar y anotar sus medidas (largo, ancho y altura).

Colocar el espécimen en la máquina de compresión elevando la altura con placas metálicas en la parte inferior, hasta que la distancia entre el cabezal móvil de la máquina y el espécimen sea de 2 centímetros aproximadamente. Dejar que la maquina actué sobre la unidad de albañilería hasta que la fuerza que esta aplique logre hacer fallar en su totalidad al espécimen en ensayo.

Sacar los restos de la unidad de albañilería de la máquina de compresión y sacar el contenido de humedad del centro de la misma, en una tara que previamente debió ser pesada.

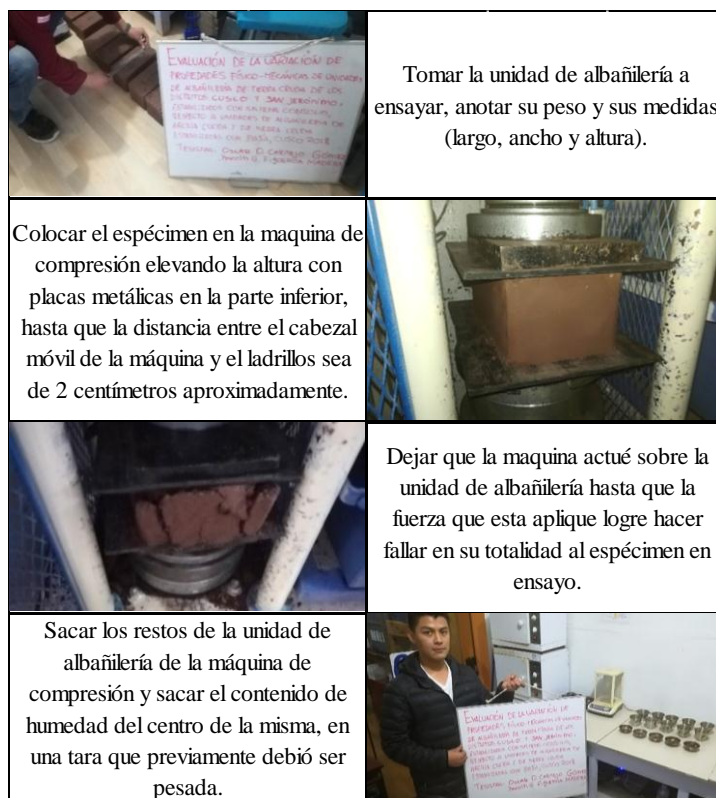


Figura N° 19: Procedimiento para realizar el ensayo de Compresión Simple.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbichaca, Cusipata, Pucallpa – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Recolección de datos del ensayo a compresión de especímenes del Distrito de Cusco:

Toma de Datos

Tabla 35: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco, con una edad de 7 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 04/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 7 días Dosificación C444 : 0 lt/m3			Dosificación Solidry : 0 kg/m3				
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.82	307.50	2200			12.32%	
N2	5.93	307.50	1890			10.19%	
N3	5.88	307.50	1930			10.26%	
N4	5.91	306.28	1660			12.61%	
N5	5.92	306.28	1570			13.19%	

Tabla 36: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m3, con una edad de 7 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 04/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 7 días Dosificación C444 : 0.6 lt/m3			Dosificación Solidry : 0 kg/m3				
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A1	5.95	305.04	1940			12.18%	
A2	5.95	303.80	1950			11.35%	
A3	5.94	302.56	1930			10.58%	
A4	5.93	305.00	1880			12.03%	
A5	5.87	302.56	2200			12.21%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 37: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 04/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
Observaciones : Ninguna							
Edad : 7 días							
Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B1	5.77	303.80	2460			12.06%	
B2	5.82	307.50	2180			12.73%	
B3	5.83	306.28	2160			13.28%	
B4	5.83	306.28	2010			12.54%	
B5	5.78	306.28	2340			12.25%	

Tabla 38: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 04/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
Observaciones : Ninguna							
Edad : 7 días							
Dosificación C444 : 1.8 lt/m <sup>3</sup>							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C1	5.68	302.56	2650			11.58%	
C2	5.65	302.56	2800			11.33%	
C3	5.71	302.56	3050			11.22%	
C4	5.70	300.12	3020			11.13%	
C5	5.66	303.80	3260			9.52%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 39: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>		NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 04/07/2018		<b><u>Datos de la Muestra</u></b>					
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 7 días Dosificación C444 : 2.4 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
D1	5.54	300.12	3170			7.30%	
D2	5.61	300.12	3010			11.26%	
D3	5.64	300.12	2810			11.54%	
D4	5.61	298.89	2910			9.96%	
D5	5.65	301.32	2950			11.59%	

Tabla 40: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco, con una edad de 14 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>		NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 11/07/2018		<b><u>Datos de la Muestra</u></b>					
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 14 días Dosificación C444 : 0 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N6	5.80	306.28	2310			10.86%	
N7	5.87	306.28	2160			10.68%	
N8	5.87	306.28	2250			11.24%	
N9	5.82	306.28	2480			10.86%	
N10	5.67	306.28	2430			9.57%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 41: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m3, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	<b>Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
<b>Proyecto :</b> Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 11/07/2018							
<b>Datos de la Muestra</b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>		Observaciones : Ninguna					
Edad : 14 días		Dosificación C444 : 0.6 lt/m <sup>3</sup>					
		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b>Datos del Ensayo</b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A6	5.61	305.04	3910			7.98%	
A7	5.78	305.04	2560			11.05%	
A8	5.79	305.04	2320			11.16%	
A9	5.81	305.04	2220			11.96%	
A10	5.74	305.04	2450			11.41%	

Tabla 42: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	<b>Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
<b>Proyecto :</b> Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 11/07/2018							
<b>Datos de la Muestra</b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>		Observaciones : Ninguna					
Edad : 14 días		Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>					
		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b>Datos del Ensayo</b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B6	5.67	306.28	3710			9.71%	
B7	5.66	303.80	3680			9.33%	
B8	5.65	305.04	3770			9.34%	
B9	5.55	305.04	4340			10.98%	
B10	5.58	306.28	4350			10.28%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 45: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
Distrito :	Cusco						
Fecha de Ensayo :	25/07/2018						
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	28 días						
Dosificación C444 :	0 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N11	5.45	300.12	4560			4.29%	
N12	5.36	300.12	5020			3.95%	
N13	5.40	300.12	4540			4.17%	
N14	5.36	300.12	4870			4.35%	
N15	5.36	300.12	4930			4.25%	

Tabla 46: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente líquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
Distrito :	Cusco						
Fecha de Ensayo :	25/07/2018						
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	28 días						
Dosificación C444 :	0.6 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A11	5.37	298.89	5320			4.81%	
A12	5.37	298.89	5440			4.70%	
A13	5.31	300.12	4980			3.43%	
A14	5.41	300.12	4880			4.04%	
A15	5.39	298.89	5140			3.88%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 47: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
Distrito :	Cusco						
Fecha de Ensayo :	25/07/2018						
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	28 días						
Dosificación C444 :	1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B11	5.43	298.89	5390.00			2.34%	
B12	5.41	298.89	5470.00			3.16%	
B13	5.37	300.12	5510.00			2.96%	
B14	5.33	300.12	5530.00			3.39%	
B15	5.43	298.89	5380.00			2.85%	

Tabla 48: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
Distrito :	Cusco						
Fecha de Ensayo :	25/07/2018						
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	28 días						
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C11	5.41	305.04	5740			2.17%	
C12	5.45	303.81	5870			1.95%	
C13	5.41	305.04	5600			1.74%	
C14	5.42	301.35	5590			2.58%	
C15	5.43	306.28	5610			2.40%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 49: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.



	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 25/07/2018							
<b>Datos de la Muestra</b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 28 días Dosificación C444 : 2.4 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b>Datos del Ensayo</b>							
<b>Codigo</b>	<b>Peso [Kg]</b>	<b>Area [cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Presión [kg-f]</b>	<b>Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Prom. Resistencia [fb]</b>	<b>Humedad [%]</b>	<b>Prom. Humedad</b>
D11	5.39	305.04	5930			1.02%	
D12	5.37	305.04	5770			1.53%	
D13	5.39	305.04	5670			0.92%	
D14	5.39	305.04	5690			1.40%	
D15	5.37	305.04	5700			1.11%	

Tabla 50: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 10 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.



	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 16/07/2018							
<b>Datos de la Muestra</b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 7 días Dosificación C444 : 1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 10 kg/m <sup>3</sup>					
<b>Datos del Ensayo</b>							
<b>Codigo</b>	<b>Peso [Kg]</b>	<b>Area [cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Presión [kg-f]</b>	<b>Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Prom. Resistencia [fb]</b>	<b>Humedad [%]</b>	<b>Prom. Humedad</b>
S-A-1	5.53	306.28	5140			4.68%	
S-A-2	5.56	307.52	4400			5.02%	
S-A-3	5.58	306.28	4470			5.91%	
S-A-4	5.59	306.28	4900			6.24%	
S-A-5	5.58	307.52	5110			6.20%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 51: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:		<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>					
		NTP 339.034					
Proyecto :		Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización :		Cusco					
Distrito :		Cusco					
Fecha de Ensayo :		16/07/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :		kg/cm <sup>2</sup>					
Observaciones :		Ninguna					
Edad :		7 días					
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 30 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-1	5.63	307.52	6140			7.23%	
S-B-2	5.65	307.52	6200			8.23%	
S-B-3	5.68	306.28	6400			6.65%	
S-B-4	5.66	307.52	6380			8.40%	
S-B-5	5.67	307.52	6140			8.99%	

Tabla 52: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:		<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>					
		NTP 339.034					
Proyecto :		Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización :		Cusco					
Distrito :		Cusco					
Fecha de Ensayo :		16/07/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :		kg/cm <sup>2</sup>					
Observaciones :		Ninguna					
Edad :		7 días					
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 50 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-1	5.61	306.28	6140			8.34%	
S-C-2	5.63	306.28	6970			9.45%	
S-C-3	5.61	307.52	6730			8.66%	
S-C-4	5.61	306.28	6600			8.50%	
S-C-5	5.62	307.52	6400			7.56%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 53: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 10 Kg/m3, con una edad de 14 días.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
NTP 339.034

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito : Cusco  
Fecha de Ensayo : 23/07/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm2  
Observaciones : Ninguna  
Edad : 14 días  
Dosificación C444 : 1.8 lt/m3 Dosificación Solidry : 10 kg/m3

**Datos del Ensayo**

Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad	Prom. Humedad
						[%]	
S-A-6	5.47	306.28	4890			4.99%	
S-A-7	5.47	305.04	5050			5.35%	
S-A-8	5.50	308.75	5270			4.88%	
S-A-9	5.47	307.50	4830			4.67%	
S-A-10	5.48	308.75	4970			4.79%	

Tabla 54: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 30 Kg/m3, con una edad de 14 días.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
NTP 339.034

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito : Cusco  
Fecha de Ensayo : 23/07/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm2  
Observaciones : Ninguna  
Edad : 14 días  
Dosificación C444 : 1.8 lt/m3 Dosificación Solidry : 30 kg/m3

**Datos del Ensayo**

Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad	Prom. Humedad
						[%]	
S-B-6	5.52	306.28	6630			7.08%	
S-B-7	5.55	308.75	7150			6.87%	
S-B-8	5.54	306.28	6970			6.76%	
S-B-9	5.55	305.04	6780			6.83%	
S-B-10	5.55	308.75	6750			5.15%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 55: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.034						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
Distrito :	Cusco						
Fecha de Ensayo :	23/07/2018						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	14 días						
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 50 kg/m <sup>3</sup>					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-6	5.50	308.75	7730			6.18%	
S-C-7	5.50	308.75	7830			7.01%	
S-C-8	5.51	305.04	7850			5.72%	
S-C-9	5.50	305.04	7990			8.03%	
S-C-10	5.49	306.28	7880			7.58%	

Tabla 56: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación de 10Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.034						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
Distrito :	Cusco						
Fecha de Ensayo :	06/08/2018						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	28 días						
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 10 kg/m <sup>3</sup>					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-11	5.39	305.04	5410			4.68%	
S-A-12	5.40	306.28	4980			5.02%	
S-A-13	5.39	306.28	5410			5.91%	
S-A-14	5.38	305.04	5730			6.24%	
S-A-15	5.37	305.04	5620			6.20%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Recolección de datos del ensayo a compresión de especímenes del Distrito de San Jerónimo:

Tabla 59: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo, con una edad de 7 días.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
 NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
 Distrito : San Jerónimo  
 Fecha de Ensayo : 02/07/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm<sup>2</sup>  
 Observaciones : Ninguna  
 Edad : 7 días  
 Dosificación C444 : 0 lt/m<sup>3</sup> Dosificación Solidry : 0 kg/m<sup>3</sup>

**Datos del Ensayo**

Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad	Prom. Humedad
						[%]	
N1	4.67	311.22	760			5.56%	
N2	4.64	311.22	590			5.90%	
N3	4.74	311.22	440			6.67%	
N4	4.70	311.22	460			6.44%	
N5	4.71	311.22	500			5.93%	

Tabla 60: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m3, con una edad de 7 días.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
 NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
 Distrito : San Jerónimo  
 Fecha de Ensayo : 02/07/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm<sup>2</sup>  
 Observaciones : unidades fisuradas  
 Edad : 7 días  
 Dosificación C444 : 0.6 lt/m<sup>3</sup> Dosificación Solidry : 0 kg/m<sup>3</sup>

**Datos del Ensayo**

Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad	Prom. Humedad
						[%]	
A1	4.68	311.22	510			6.96%	
A2							
A3	4.65	311.22	480			7.11%	
A4							
A5							

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 61: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
	Distrito : San Jerónimo						
Fecha de Ensayo :	02/07/2018						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	unidades fisuradas						
	Edad : 7 días						
Dosificación C444 :	1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B1	4.68	311.22	440			7.12%	
B2	4.69	311.22	380			7.25%	
B3	-						
B4	4.75	311.22	420			8.07%	
B5	4.71	311.22	480			8.04%	

Tabla 62: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
	Distrito : San Jerónimo						
Fecha de Ensayo :	02/07/2018						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	unidades fisuradas						
	Edad : 7 días						
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C1							
C2	4.66	311.22	280			9.37%	
C3	4.67	311.22	260			9.22%	
C4							
C5							

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 65: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
	Distrito : San Jerónimo						
Fecha de Ensayo :	09/07/2018						
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	14 días						
Dosificación C444 :	0.6 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A6	4.56	306.28	600			3.31%	
A7	4.51	306.28	650			2.23%	
A8	4.57	306.28	650			3.64%	
A9	4.60	306.28	680			3.47%	
A10	4.58	306.28	640			2.75%	

Tabla 66: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
	Distrito : San Jerónimo						
Fecha de Ensayo :	09/07/2018						
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	unidades fisuradas						
Edad :	14 días						
Dosificación C444 :	1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B6							
B7	4.47	306.28	660			2.88%	
B8	4.49	307.52	730			2.40%	
B9	4.48	307.52	720			2.75%	
B10	4.45	307.52	640			2.38%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 67: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
	Distrito : San Jerónimo						
Fecha de Ensayo :	09/07/2018						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	Ninguna						
Edad :	14 días						
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C6	4.47	306.28	600			3.56%	
C7	4.40	307.52	580			3.15%	
C8	4.51	306.28	540			3.78%	
C9	4.51	307.52	620			3.90%	
C10	4.53	307.52	620			3.35%	

Tabla 68: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 14 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización :	Cusco						
	Distrito : San Jerónimo						
Fecha de Ensayo :	09/07/2018						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	kg/cm <sup>2</sup>						
Observaciones :	unidades fisuradas						
Edad :	14 días						
Dosificación C444 :	2.4 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
D6	4.47	307.52	660			2.07%	
D7	4.48	306.28	670			1.97%	
D8	4.49	306.28	710			1.79%	
D9	4.51	307.52	770			2.37%	
D10							

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 69: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo, con una edad de 28 días.




		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:		<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>					
		NTP 339.613					
Proyecto :		Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización :		Cusco					
		Distrito : San Jerónimo					
Fecha de Ensayo :		23/07/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :		kg/cm <sup>2</sup>					
Observaciones :		unidades fisuradas					
		Edad : 28 días					
Dosificación C444 :		0 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N11	4.45	308.75	690			0.67%	
N12	4.50	308.75	780			0.82%	
N13	4.51	307.50	810			0.56%	
N14	4.47	307.50	790			0.49%	
N15							

Tabla 70: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 0.6 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:		<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>					
		NTP 339.613					
Proyecto :		Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización :		Cusco					
		Distrito : San Jerónimo					
Fecha de Ensayo :		23/07/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida :		kg/cm <sup>2</sup>					
Observaciones :		Ninguna					
		Edad : 28 días					
Dosificación C444 :		0.6 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A11	4.47	308.75	690			0.64%	
A12	4.48	307.50	800			0.73%	
A13	4.53	308.75	780			0.81%	
A14	4.54	307.50	840			0.80%	
A15	4.51	311.22	750			0.96%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 71: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización : Cusco							
Distrito : San Jerónimo							
Fecha de Ensayo : 23/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>							
Observaciones : unidades fisuradas							
Edad : 28 días							
Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>						
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B11	4.48	307.52	820			0.84%	
B12	4.48	307.52	800			0.93%	
B13							
B14	4.53	310.00	800			1.28%	
B15	4.51	307.52	890			0.79%	

Tabla 72: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente liquido C444 con dosificación de 1.8 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo:	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>						
	NTP 339.613						
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018						
Localización : Cusco							
Distrito : San Jerónimo							
Fecha de Ensayo : 23/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>							
Observaciones : unidades fisuradas							
Edad : 28 días							
Dosificación C444 : 1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>						
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C11	4.47	308.75	700			1.28%	
C12	4.47	307.52	760			1.31%	
C13							
C14	4.47	306.28	590			1.45%	
C15	4.47	310.00	630			1.35%	

"Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018"

Tabla 73: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 2.4 lt/m<sup>3</sup>, con una edad de 28 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 23/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>		Dosificación Solidry : 0 kg/m <sup>3</sup>					
Observaciones : Ninguna							
Edad : 28 días							
Dosificación C444 : 2.4 lt/m <sup>3</sup>							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
D11	4.49	310.00	690			1.41%	
D12	4.45	310.00	690			1.47%	
D13	4.48	307.52	760			1.40%	
D14	4.50	307.52	730			1.39%	
D15	4.27	306.28	440			1.42%	

Tabla 74: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 30 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
	Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613						
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 14/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>		Dosificación Solidry : 30 kg/m <sup>3</sup>					
Observaciones : Ninguna							
Edad : 7 días							
Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-1	4.66	310.00	980			5.55%	
S-A-2	4.66	310.00	1130			5.49%	
S-A-3	4.65	310.00	1150			5.00%	
S-A-4	4.66	310.00	1090			5.52%	
S-A-5	4.64	310.00	1080			5.64%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 75: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 50 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:		<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>					
		NTP 339.613					
Proyecto :		Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización :		Cusco					
Distrito :		San Jerónimo					
Fecha de Ensayo :		14/07/2018					
		<b><u>Datos de la Muestra</u></b>					
Unidad de Medida :		kg/cm <sup>2</sup>					
Observaciones :		Ninguna					
Edad :		7 días					
Dosificación C444 :		1.2 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 50 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-1	4.70	310.00	1780			4.32%	
S-B-2	4.71	310.00	1720			4.80%	
S-B-3	4.67	310.00	1470			4.76%	
S-B-4	4.72	310.00	1870			4.07%	
S-B-5	4.62	310.00	1820			4.55%	

Tabla 76: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m<sup>3</sup> + componente sólido SOLIDRY con dosificación 70 Kg/m<sup>3</sup>, con una edad de 7 días.



		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:		<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b>					
		NTP 339.613					
Proyecto :		Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización :		Cusco					
Distrito :		San Jerónimo					
Fecha de Ensayo :		14/07/2018					
		<b><u>Datos de la Muestra</u></b>					
Unidad de Medida :		kg/cm <sup>2</sup>					
Observaciones :		Ninguna					
Edad :		7 días					
Dosificación C444 :		1.2 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry : 70 kg/m <sup>3</sup>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-1	4.62	310.00	2040			4.68%	
S-C-2	4.60	310.00	1990			3.53%	
S-C-3	4.61	310.00	2030			5.03%	
S-C-4	4.63	310.00	2260			4.18%	
S-C-5	4.64	310.00	2150			5.06%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 77: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación 30Kg/m3, con una edad de 14 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 21/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 14 días Dosificación C444 : 1.2 lt/m3 <span style="float: right;">Dosificación Solidry : 30 kg/m3</span>							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-6	4.60	311.25	1070			2.56%	
S-A-7	4.61	311.25	1010			2.44%	
S-A-8	4.60	311.25	1040			2.31%	
S-A-9	4.62	310.00	1100			1.98%	
S-A-10	4.63	310.00	1190			2.38%	

Tabla 78: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación 50 Kg/m3, con una edad de 14 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 21/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 14 días Dosificación C444 : 1.2 lt/m3 <span style="float: right;">Dosificación Solidry : 50 kg/m3</span>							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-6	4.58	311.25	1090			3.76%	
S-B-7	4.60	311.25	1260			2.59%	
S-B-8	4.59	311.25	1120			2.29%	
S-B-9	4.59	310.00	1160			2.57%	
S-B-10	4.59	310.00	1140			2.03%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 79: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación 70Kg/m3, con una edad de 14 días.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito : San Jerónimo  
Fecha de Ensayo : 21/07/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm2  
Observaciones : Ninguna  
Edad : 14 días  
Dosificación C444 : 1.2 lt/m3 Dosificación Solidry : 70 kg/m3

**Datos del Ensayo**

Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad	Prom. Humedad
						[%]	
S-C-6	4.59	310.00	2140			3.72%	
S-C-7	4.61	310.00	2540			3.70%	
S-C-8	4.59	311.25	2250			3.64%	
S-C-9	4.56	311.25	2180			3.92%	
S-C-10	4.59	311.25	2450			4.74%	

Tabla 80: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación 30 Kg/m3, con una edad de 28 días.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE**  
NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
Distrito : San Jerónimo  
Fecha de Ensayo : 04/08/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : kg/cm2  
Observaciones : Ninguna  
Edad : 28 días  
Dosificación C444 : 1.2 lt/m3 Dosificación Solidry : 30 kg/m3

**Datos del Ensayo**

Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad	Prom. Humedad
						[%]	
S-A-11	5.39	305.04	2210			1.47%	
S-A-12	5.40	306.28	2370			1.58%	
S-A-13	5.39	306.28	2170			1.35%	
S-A-14	5.38	305.04	2350			1.57%	
S-A-15	5.37	305.04	2190			1.81%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 81: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación 50 Kg/m3, con una edad de 28 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 04/08/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 28 días Dosificación C444 : 1.2 lt/m3							
Dosificación Solidry : 50 kg/m3							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-11	5.37	306.28	2370			1.38%	
S-B-12	5.40	305.04	2290			1.01%	
S-B-13	5.39	306.28	2270			1.17%	
S-B-14	5.40	305.04	2260			1.19%	
S-B-15	5.40	306.28	2340			1.26%	

Tabla 82: Compresión Simple de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo + componente líquido C444 con dosificación de 1.2 lt/m3 + componente sólido SOLIDRY con dosificación 70 Kg/m3, con una edad de 28 días.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.613					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 04/08/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 28 días Dosificación C444 : 1.2 lt/m3							
Dosificación Solidry : 70 kg/m3							
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>							
Codigo	Peso [Kg]	Area [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia [Kg/cm2]	Prom. Resistencia [fb]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-11	5.43	306.28	3250			2.14%	
S-C-12	5.44	305.04	3120			1.29%	
S-C-13	5.43	305.04	3220			1.33%	
S-C-14	5.44	306.28	3180			1.59%	
S-C-15	5.43	305.04	3290			1.42%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.3.2 Ensayo de Módulo de Rotura

#### Equipos y Materiales

- ✓ Unidades de albañilería fabricados con suelos de los distritos: Cusco y San Jerónimo.
- ✓ Máquina de compresión simple.
- ✓ Brocha.

#### Procedimiento

- ❖ Obtener las dimensiones de las unidades de albañilería con ayuda de una regla metálica.
- ❖ Colocar las unidades de albañilería sobre una placa metálica que contengan dos apoyos simples cuya distancia sea de 18 cm y un apoyo en la parte superior de la unidad de albañilería que se situé exactamente en la mitad del espécimen.
- ❖ Dejar que la máquina de compresión actúe sobre la unidad de albañilería hasta que la placa metálica superior obtenga un contacto con el soporte ubicado en la mitad de la unidad de albañilería, haciendo que esta falle con la carga lineal a la que fue expuesta.
- ❖ Retirar la unidad de albañilería que falló y repetir el procedimiento para las demás unidades.

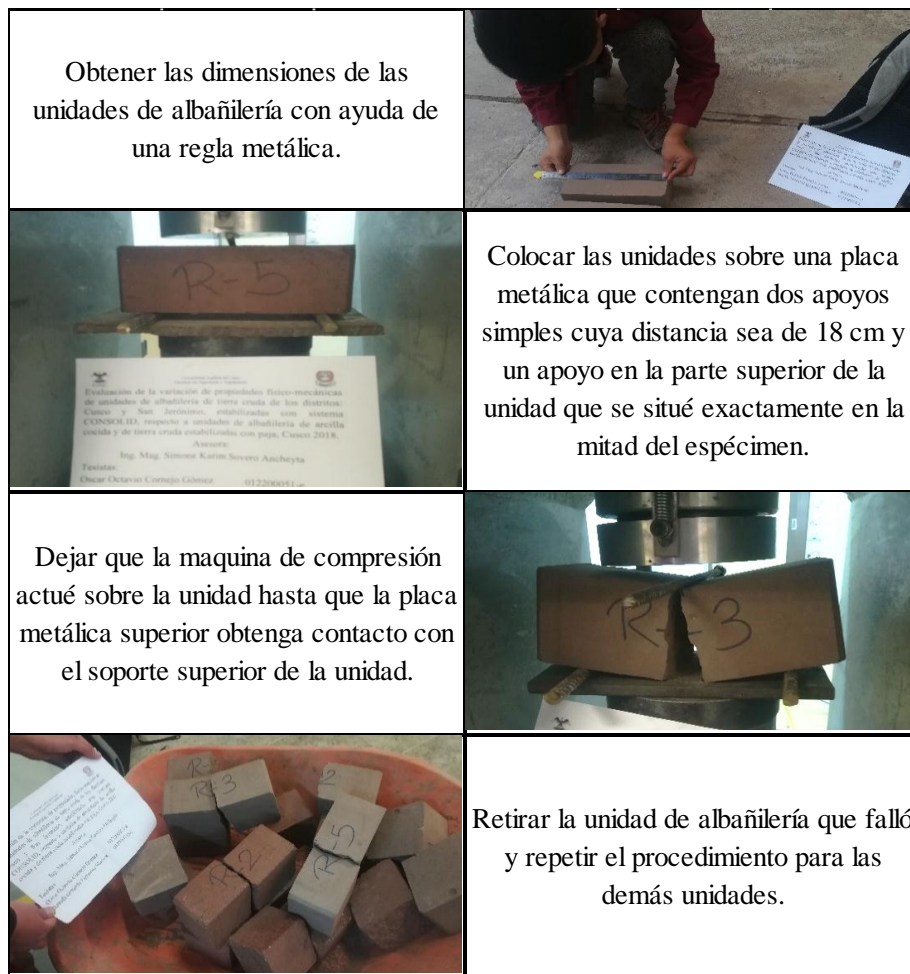


Figura N° 20: Procedimiento para realizar el ensayo de Módulo de Rotura.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayaco, Cusco y San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”





### 3.5.4 Ensayos de Propiedades Físicas

#### 3.5.4.1 Ensayo de Variación Dimensional

##### *Equipos y Materiales*

- ✓ Unidades de albañilería fabricadas con suelo de los sectores: Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo.
- ✓ Regla graduada al milímetro.

##### *Procedimiento*

- ❖ Limpiar la unidad de albañilería a ensayar de toda imperfección que pueda existir en su superficie.
- ❖ Obtener 4 medidas por cada una de las caras (largo, ancho y alto) de las unidades de albañilería con una regla calibrada, preferentemente metálica, al milímetro.

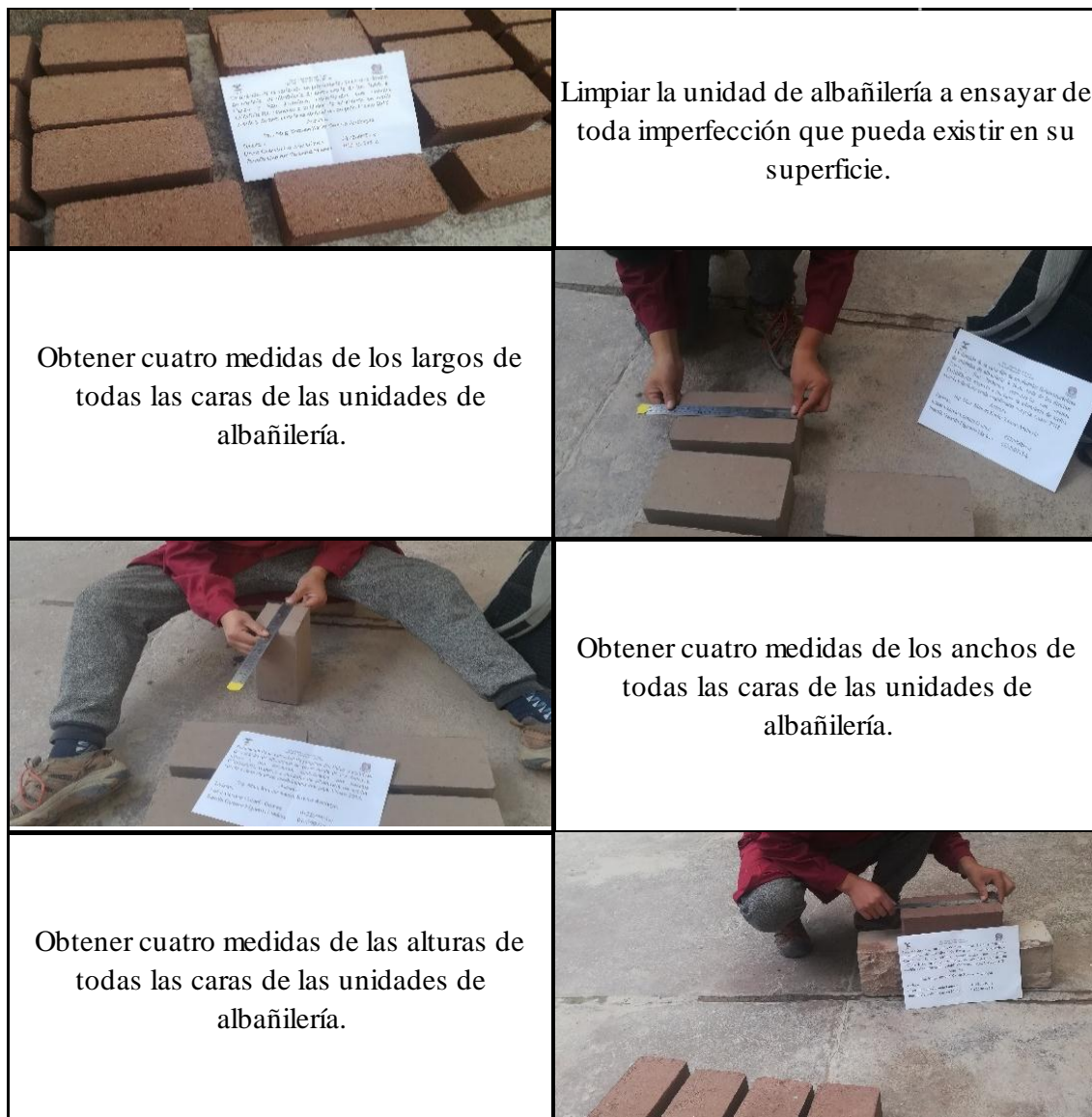


Figura N° 21: Procedimiento para realizar el ensayo de Variación Dimensional.

Toma de Datos

Tabla 85: Ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil													
Ensayo:		<b>Variación Dimensional</b>													
Proyecto :		NTP 339.613 Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018													
Localización :		Cusco													
Distrito :		Cusco													
Fecha de Ensayo :		23/08/2018													
		<b>Datos de la Muestra</b>													
Unidad de Medida :		[%]													
Observaciones :		Ninguna													
Edad :		28 días													
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>													
		Dosificación Solidry : 50 Kg/m <sup>3</sup>													
		<b>Datos del Ensayo</b>													
		Longitud [cm]		Ancho [cm]		Altura [cm]									
Especimen	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
1	24.7	24.8	24.7	24.7		12.3	12.3	12.3	12.4		9.5	9.4	9.5	9.5	
2	24.8	24.8	24.8	24.7		12.3	12.3	12.3	12.4		9.4	9.5	9.4	9.5	
3	24.7	24.7	24.7	24.7		12.4	12.3	12.3	12.4		9.4	9.5	9.5	9.4	
4	24.7	24.7	24.8	24.8		12.4	12.3	12.3	12.3		9.4	9.5	9.4	9.5	
5	24.7	24.8	24.8	24.8		12.4	12.4	12.3	12.4		9.4	9.4	9.5	9.4	
6	24.8	24.8	24.8	24.7		12.3	12.3	12.4	12.4		9.4	9.4	9.5	9.4	
7	24.8	24.8	24.7	24.7		12.4	12.3	12.3	12.4		9.5	9.5	9.5	9.4	
8	24.8	24.8	24.8	24.7		12.4	12.4	12.4	12.3		9.4	9.4	9.4	9.4	
9	24.8	24.7	24.7	24.8		12.4	12.4	12.3	12.3		9.4	9.4	9.5	9.5	
10	24.7	24.8	24.8	24.8		12.3	12.3	12.3	12.4		9.5	9.5	9.4	9.5	
L =		A =		H =											
L prom =		A prom =		H prom =											
% =		% =		% =											

Tabla 86: Ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil													
Ensayo:		<b>Variación Dimensional</b>													
Proyecto :		NTP 339.613 Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018													
Localización :		Cusco													
Distrito :		San Jerónimo													
Fecha de Ensayo :		23/08/2018													
		<b>Datos de la Muestra</b>													
Unidad de Medida :		[%]													
Observaciones :		Ninguna													
Edad :		28 días													
Dosificación C444 :		1.2 lt/m <sup>3</sup>													
		Dosificación Solidry : 70 Kg/m <sup>3</sup>													
		<b>Datos del Ensayo</b>													
		Longitud [cm]		Ancho [cm]		Altura [cm]									
Especimen	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
1	24.9	24.9	24.9	24.9		12.5	12.5	12.4	12.5		9.6	9.6	9.6	9.6	
2	24.9	24.9	24.8	24.9		12.5	12.5	12.5	12.4		9.6	9.6	9.6	9.5	
3	24.9	24.8	24.9	24.9		12.5	12.4	12.5	12.5		9.6	9.5	9.6	9.5	
4	24.8	24.9	24.9	24.8		12.5	12.5	12.5	12.5		9.6	9.6	9.6	9.5	
5	24.8	24.9	24.8	24.9		12.5	12.5	12.5	12.4		9.6	9.6	9.5	9.6	
6	24.9	24.8	24.9	24.8		12.5	12.5	12.5	12.5		9.6	9.6	9.6	9.6	
7	24.8	24.9	24.8	24.9		12.4	12.4	12.5	12.5		9.6	9.6	9.6	9.6	
8	24.9	24.9	24.8	24.9		12.5	12.5	12.5	12.4		9.5	9.6	9.6	9.6	
9	24.9	24.9	24.9	24.9		12.5	12.5	12.4	12.5		9.6	9.6	9.6	9.5	
10	24.8	24.8	24.9	24.8		12.5	12.5	12.5	12.5		9.6	9.6	9.5	9.5	
L =		A =		H =											
L prom =		A prom =		H prom =											
% =		% =		% =											

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.4.2 Ensayo de Alabeo

#### Equipos y Materiales

- ✓ Unidades de albañilería fabricadas con suelo de los sectores: Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo.
- ✓ Cuñas graduadas a medio milímetro.
- ✓ Regla metálica.

#### Procedimiento

- ❖ Limpiar las caras de las unidades de albañilería de cualquier imperfección que pueda existir.
- ❖ Medición de concavidad: Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores de las unidades de albañilería.
- ❖ Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima.
- ❖ Medición de convexidad, se emplea alternativamente uno de los siguientes procedimientos:
- ❖ Se coloca al borde recto de la regla sobre una diagonal de la unidad de albañilería. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.
- ❖ Se apoya la unidad de albañilería por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.



Figura N° 22: Procedimiento para realizar el ensayo de Alabeo.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Toma de Datos

Tabla 87: Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil			
		Ensayo: <b>Alabeo</b> NTP 339.613			
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 23/08/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>					
Unidad de Medida : mm Observaciones : Ninguna Edad : 28 días Dosificación C444 : 1.8 lt/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>					
	CARA "A"		CARA "B"		
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
Especimen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	0	0.5	0	1	
2	0.5	0	0	0	
3	0	0	0	0.5	
4	0	0	0	1	
5	0.5	0	0	0.5	
6	0.5	0	0.5	0	
7	0	1	0.5	0	
8	0	0.5	0	0.5	
9	0	0	0	1	
10	0.5	0	0	0.5	
Promedio	Cóncavo		Convexo		

Tabla 88: Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil			
		Ensayo: <b>Alabeo</b> NTP 339.613			
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 23/08/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>					
Unidad de Medida : mm Observaciones : Ninguna Edad : 28 días Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>					
	CARA "A"		CARA "B"		
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
Especimen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	0	0.5	0	0.5	
2	0	0	0	1	
3	0.5	0	0.5	0	
4	0	0	0.5	0	
5	1	0	0	1	
6	0	1	0	1	
7	0	0	0	0.5	
8	0	0	0.5	0	
9	0	0.5	0	0	
10	0.5	0	0.5	0	
Promedio	Cóncavo		Convexo		

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.4.3 Ensayo de Absorción

#### Equipos y Materiales

- ✓ Unidades de albañilería fabricadas con suelo de los sectores: Tambillo y PetroPerú, de los distritos: Cusco y San Jerónimo, respectivamente.
- ✓ Pozo de inundación de laboratorio.
- ✓ Horno de laboratorio.
- ✓ Balanza.
- ✓ Reloj.

#### Procedimiento

- ❖ Poner las unidades de albañilería en el horno de laboratorio a una temperatura de 110°C a 115°C y dejar que enfríen, con el fin de que el contenido de humedad sea 0% para poder realizar el ensayo.
- ❖ Anotar las medidas de los pesos de las unidades de albañilería.
- ❖ Sumergir las unidades de albañilería en el pozo de inundación durante 24 hrs, procurando que la temperatura del agua esté comprendida entre los 15 ° C y 30 ° C.
- ❖ Transcurrido el tiempo indicado retirar las unidades de albañilería y secar superficialmente con un trapo.
- ❖ Pasar a pesar las unidades de albañilería para conocer la cantidad de agua absorbida.

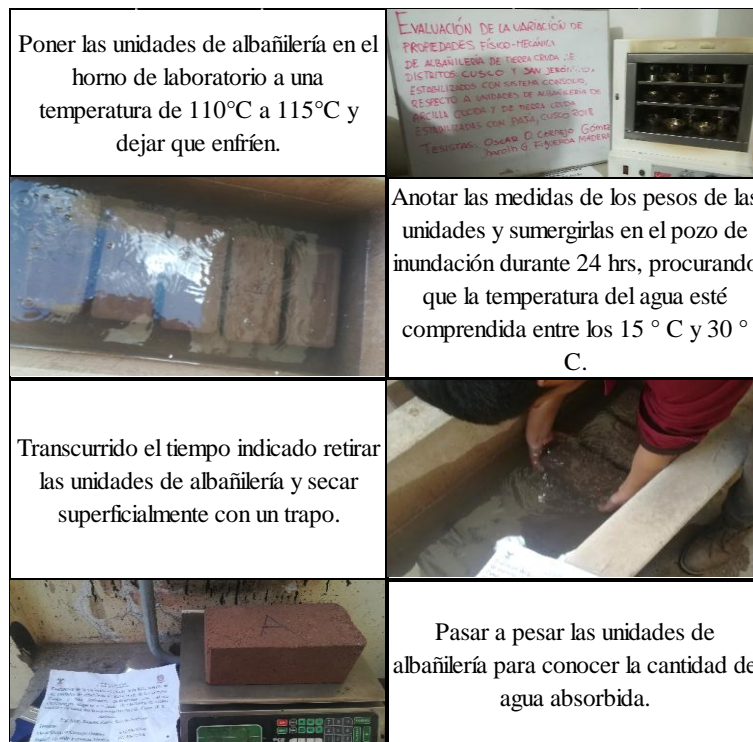




Figura N° 23: Procedimiento para realizar el ensayo de Absorción.

Toma de Datos

Tabla 89: Ensayo de Absorción de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco.


 Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Carrera Profesional de Ingeniería Civil



Ensayo: **Absorción**  
 NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
 Distrito : Cusco  
 Fecha de Ensayo : 23/08/2018

**Datos de la Muestra**


Unidad de Medida : %  
 Observaciones : Ninguna  
 Edad : 28 días  
 Dosificación C444 : 1.8 lt/m<sup>3</sup>


Dosificación Solidry : 50 Kg/m<sup>3</sup>

**Datos del Ensayo**

Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción %
	gr	gr	
1	4965	5756	
2	4960	5754	
3	4990	5700	
4	4960	5790	
5	4990	5753	
Absorción Promedio			

Tabla 90: Ensayo de Absorción de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo.


 Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Carrera Profesional de Ingeniería Civil



Ensayo: **Absorción**  
 NTP 339.613

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018

Localización : Cusco  
 Distrito : San Jerónimo  
 Fecha de Ensayo : 23/08/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : %  
 Observaciones : Ninguna  
 Edad : 28 días  
 Dosificación C444 : 1.2 lt/m<sup>3</sup>

Dosificación Solidry : 70 Kg/m<sup>3</sup>

**Datos del Ensayo**

Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción %
	gr	gr	
1	4335	5332	
2	4360	5126	
3	4370	5372	
4	4360	5284	
5	4370	5419	
Absorción Promedio			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.5.4.4 Ensayo de Succión

#### *Equipos y Materiales*

- ✓ Unidades de albañilería fabricadas con suelo de los sectores: Tambillo y PetroPerú, de los distritos: Cusco y San Jerónimo, respectivamente.
- ✓ Bandeja o recipiente para agua.
- ✓ Soportes para la base interior de la bandeja que permita mantener el nivel del agua en 0.3 mm por encima de los soportes.
- ✓ Horno de laboratorio.
- ✓ Balanza.
- ✓ Cronometro.

#### *Procedimiento*

- ❖ Poner las unidades de albañilería en el horno de laboratorio y dejar que enfríen, con el fin de que el contenido de humedad sea 0% para poder realizar el ensayo.
- ❖ Colocar los soportes en la base de la bandeja y dejar que el agua llene la misma y comience a escurrir el agua libremente.
- ❖ Poner la unidad de albañilería sobre el soporte y controlar 1 minuto exacto, transcurrido el tiempo retirar la unidad de albañilería y pasar a pesar la misma.
- ❖ Repetir el proceso para todas las unidades a ensayar.



Figura N° 24: Procedimiento para realizar el ensayo de Succión.



## Toma de Datos

Tabla 91: Ensayo de Succión de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:	<b>Succión</b>					
Proyecto :	NTP 339.613					
Localización :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Districto :	Cusco					
Fecha de Ensayo :	Cusco					
	23/08/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	gr/200 cm <sup>2</sup>					
Observaciones :	Ninguna					
Edad :	28 días					
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 50 Kg/m <sup>3</sup>				
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Testigo #	Peso Seco	P. húmedo	Ancho	Largo	Area	S
	gr	gr	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
1	5280	5300	12.4	24.7		
2	5250	5265	12.3	24.7		
3	5255	5270	12.4	24.8		
4	5255	5270	12.3	24.7		
5	5265	5280	12.4	24.7		
						S prom =

Tabla 92: Ensayo de Succión de unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú del distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:	<b>Succión</b>					
Proyecto :	NTP 339.613					
Localización :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018					
Districto :	Cusco					
Fecha de Ensayo :	San Jerónimo					
	23/08/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	gr/200 cm <sup>2</sup>					
Observaciones :	Ninguna					
Edad :	28 días					
Dosificación C444 :	1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 70 Kg/m <sup>3</sup>				
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Testigo #	Peso Seco	P. húmedo	Ancho	Largo	Area	S
	gr	gr	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
1	4660	4675	12.4	24.9		
2	4660	4675	12.4	24.8		
3	4620	4635	12.4	24.9		
4	4640	4655	12.4	24.8		
5	4650	4665	12.4	24.9		
						S prom =

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### 3.6 Procedimientos de Análisis de datos

#### 3.6.1 Muestreo del suelo

El muestreo se realizó para obtener una muestra representativa del suelo que se empleó en la investigación, con el propósito de realizar ensayos como granulometría, límites de consistencia y Próctor modificado. Se tomó como referencia la norma MTC E-106 para granulometría y límites de consistencia (ver tabla N° 93).

Tabla 93: Muestra Representativa para Granulometría del Suelo.

Tamaño máximo		Cantidad mínima retenida en el tamiz N° 10 (2.00 mm)
Nominales	Redondeados	
9.5 mm (3/8")	10 mm	500 gr
19 mm (3/4")	20 mm	1000 gr
25.4 mm (1")	25 mm	2000 gr
38 (1. 1/2")	40 mm	3000 gr
50.8 mm (2")	50 mm	4000 gr
76.2 mm (3")	80 mm	5000 gr

Fuente: MTC E-106

Tabla 94: Muestra Requerida para Límites de Consistencia.

Ensayo	Cantidad en gramos
Límite Líquido	100
Límite Plástico	15
Límite de Contracción	30
Ensayos de Verificación	65

Fuente: MTC E-106

Para el ensayo de Próctor, según el manual de ensayo de materiales 2016, tomando en cuenta que se tomó el método "A" de próctor modificado (MTC E 115-2016), se requiere 16 kg de suelo seco.

#### 3.6.2 Ensayos de suelos

##### 3.6.2.1 Límite líquido

##### Procesamiento o cálculos de la prueba

Se realizó una gráfica que represente la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes de la cazuela de bronce. Luego, se trazó una línea recta que pasa por todos los puntos graficados, y se tomó el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo.

Tabla 95: Proceso de Cálculo de Límite Líquido Distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil		
Ensayo:	<b>Límite Líquido</b> NTP 339.129		
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.		
Localización :	Cusco		
Distrito :	Cusco		
Fecha de Ensayo :	26/02/2018		
Unidad de Medida :	Porcentaje [%]		
Observaciones :	Ninguna		
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>			
Tara #	1	2	3
Peso de T	15.99	16.07	16.61
Peso de T + SH	26.92	26.79	26.97
Peso de T + SS	24.63	24.55	24.86
Peso de agua	2.29	2.24	2.11
Peso de suelo seco	8.64	8.48	8.25
Número de golpes	19.00	23.00	27.00
Cont. De humedad	26.50%	26.42%	25.58%

Tabla 96: Proceso de Cálculo de Límite Líquido del Distrito de San Jerónimo

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil		
Ensayo:	<b>Límite Líquido</b> NTP 339.129		
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.		
Localización :	Cusco		
Distrito :	San Jerónimo		
Fecha de Ensayo :	27/02/2018		
Unidad de Medida :	Porcentaje [%]		
Observaciones :	Ninguna		
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>			
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>			
Tara #	1	2	3
Peso de T	16.67	18.56	16.16
Peso de T + SH	36.89	40.15	42.80
Peso de T + SS	33.49	36.63	38.59
Peso de agua	3.40	3.52	4.21
Peso de suelo seco	16.82	18.07	22.43
Número de golpes	19.00	23.00	27.00
Cont. De humedad	20.21%	19.48%	18.77%

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

## Diagramas o tablas

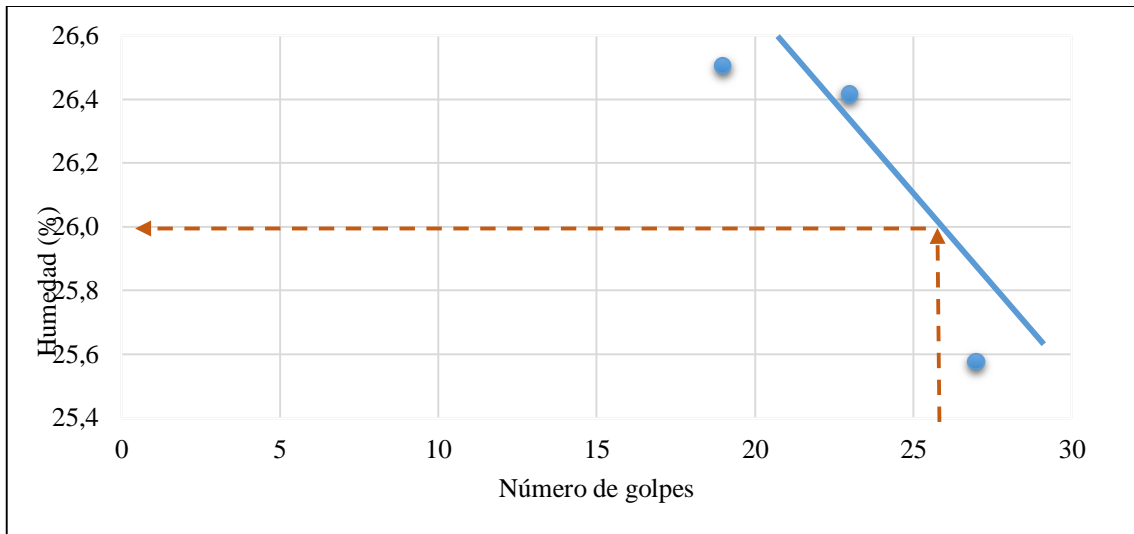


Figura N° 25: Determinación del Límite Líquido del Distrito de Cusco.

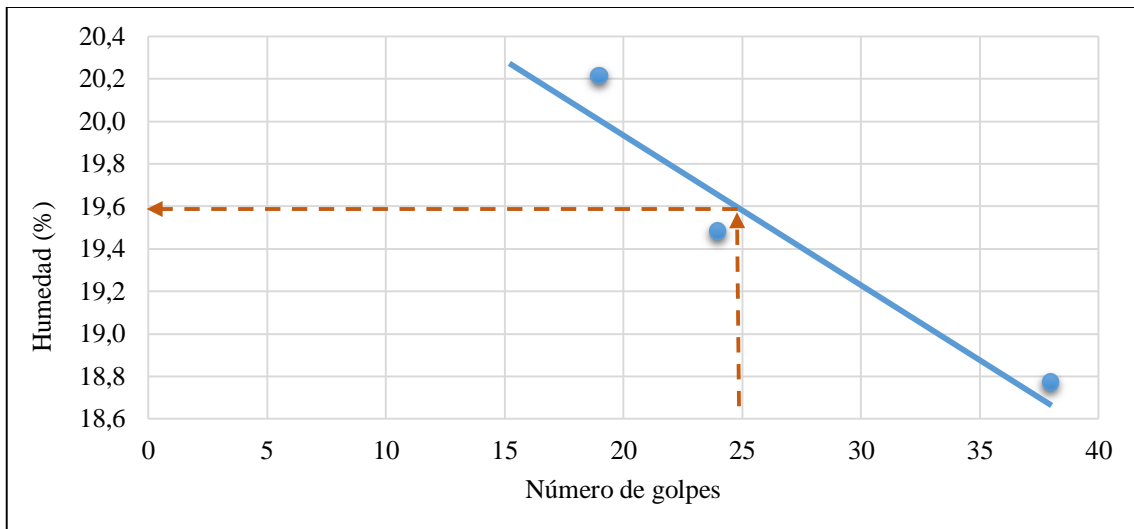


Figura N° 26: Determinación del Límite Líquido del Distrito de San Jerónimo.

### Análisis de la prueba

En la figura N° 25 se puede apreciar que el límite líquido (LL) para el distrito de Cusco tiene un valor de 26% y en la figura N° 26 se observa que el límite líquido (LL) para el distrito de San Jerónimo tiene un valor de 19,6%.

### 3.6.2.2 Límite plástico

#### Procesamiento o cálculos de la prueba

Se promediarán de los valores los contenidos de humedad obtenidos en esta prueba de límite de plasticidad.

Tabla 97: Proceso de Cálculo de Límite Plástico del Distrito de Cusco.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: Límite Plástico**  
NTP 339.129

**Proyecto :**  
Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.

**Localización :** Cusco  
**Distrito :** Cusco  
**Fecha de Ensayo :** 26/02/2018

**Datos de la Muestra**

**Unidad de Medida :** Porcentaje [%]  
**Observaciones :** Ninguna

**Datos del Ensayo**

Tara #	1	2	3
Peso de T	8.92	8.46	8.77
Peso de T + SH	9.53	9.09	9.39
Peso de T + SS	9.44	9.00	9.30
Peso de agua	0.09	0.09	0.09
Cont. De humedad	17.31%	16.67%	16.98%
<b>Límite Plástico</b>			<b>16.99%</b>

Tabla 98: Proceso de Cálculo de Límite Plástico del Distrito de San Jerónimo.

Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**Ensayo: Límite Plástico**  
NTP 339.129

**Proyecto :**  
Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.

**Localización :** Cusco  
**Distrito :** San Jerónimo  
**Fecha de Ensayo :** 27/02/2018

**Datos de la Muestra**

**Unidad de Medida :** Porcentaje [%]  
**Observaciones :** Ninguna

**Datos del Ensayo**

Tara #	1	2	3
Peso de T	8.92	8.46	8.77
Peso de T + SH	-	-	-
Peso de T + SS	-	-	-
Peso de agua	-	-	-
Cont. De humedad	-	-	-
<b>Límite Plástico</b>			<b>NP</b>

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



## Análisis de la prueba

En la Tabla N° 97 se puede apreciar que el límite plástico (LP) para el distrito de Cusco tiene un valor de 17% y en la Tabla N° 98 para el distrito de San Jerónimo se observa que no presenta límite plástico (LP) es decir que es un suelo no plástico.

### 3.6.2.3 Granulometría


#### Procesamiento o cálculos de la prueba

Tabla 99: Proceso de Cálculo de la Granulometría del Distrito de Cusco.


	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil																																																																					
Ensayo:	<b>Granulometría</b> NTP 339.127																																																																					
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.																																																																					
Localización :	Cusco																																																																					
Distrito :	Cusco																																																																					
Fecha de Ensayo :	22/02/2018																																																																					
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																																																					
Unidad de Medida :	%																																																																					
Observaciones :	Ninguna																																																																					
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>																																																																					
Peso inicial de la muestra seca =	1025.60 gr																																																																					
Peso de la muestra despues del lavado =	558.50 gr																																																																					
Perdida por lavado =	467.10 gr																																																																					
	<table border="1"><thead><tr><th>Tamiz</th><th>Abertura [mm]</th><th>Retenido [gr]</th><th>% Pasante</th></tr></thead><tbody><tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>3/4"</td><td>19.1</td><td>59.7</td><td>94.18%</td></tr><tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>33.2</td><td>90.94%</td></tr><tr><td>3/8"</td><td>9.52</td><td>14.5</td><td>89.53%</td></tr><tr><td>1/4"</td><td>6.3</td><td>34</td><td>86.21%</td></tr><tr><td>N°4</td><td>4.76</td><td>21.6</td><td>87.42%</td></tr><tr><td>N°8</td><td>2.4</td><td>57.8</td><td>80.58%</td></tr><tr><td>N°10</td><td>2</td><td>15.7</td><td>85.89%</td></tr><tr><td>N°40</td><td>0.43</td><td>122.7</td><td>73.93%</td></tr><tr><td>N°50</td><td>0.3</td><td>28</td><td>71.20%</td></tr><tr><td>N°100</td><td>0.15</td><td>123.8</td><td>59.13%</td></tr><tr><td>N°200</td><td>0.07</td><td>43.9</td><td>54.85%</td></tr><tr><td>FONDO</td><td></td><td>470.7</td><td>8.95%</td></tr></tbody></table>	Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante	3"	76.2	0	100.00%	2"	50.8	0	100.00%	1 1/2"	38.1	0	100.00%	1"	25.4	0	100.00%	3/4"	19.1	59.7	94.18%	1/2"	12.7	33.2	90.94%	3/8"	9.52	14.5	89.53%	1/4"	6.3	34	86.21%	N°4	4.76	21.6	87.42%	N°8	2.4	57.8	80.58%	N°10	2	15.7	85.89%	N°40	0.43	122.7	73.93%	N°50	0.3	28	71.20%	N°100	0.15	123.8	59.13%	N°200	0.07	43.9	54.85%	FONDO		470.7	8.95%	
Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante																																																																			
3"	76.2	0	100.00%																																																																			
2"	50.8	0	100.00%																																																																			
1 1/2"	38.1	0	100.00%																																																																			
1"	25.4	0	100.00%																																																																			
3/4"	19.1	59.7	94.18%																																																																			
1/2"	12.7	33.2	90.94%																																																																			
3/8"	9.52	14.5	89.53%																																																																			
1/4"	6.3	34	86.21%																																																																			
N°4	4.76	21.6	87.42%																																																																			
N°8	2.4	57.8	80.58%																																																																			
N°10	2	15.7	85.89%																																																																			
N°40	0.43	122.7	73.93%																																																																			
N°50	0.3	28	71.20%																																																																			
N°100	0.15	123.8	59.13%																																																																			
N°200	0.07	43.9	54.85%																																																																			
FONDO		470.7	8.95%																																																																			

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 100: Proceso de Cálculo de la Granulometría del Distrito de San Jerónimo.



Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera Profesional de Ingeniería Civil



**Ensayo: Granulometría**  
NTP 339.127

Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.

Localización : Cusco  
Distrito : San Jerónimo  
Fecha de Ensayo : 23/02/2018

**Datos de la Muestra**

Unidad de Medida : %  
Observaciones : Ninguna

**Datos del Ensayo**

Peso inicial de la muestra seca = 582.10 gr  
Peso de la muestra despues del lavado 384.90 gr  
Perdida por lavado = 197.20 gr

Tamiz	Abertura [mm]	Retenido [gr]	% Pasante
3"	76.2	0	100.00%
2"	50.8	0	100.00%
1 1/2"	38.1	0	100.00%
1"	25.4	0	100.00%
3/4"	19.1	8.3	98.57%
1/2"	12.7	3.4	97.99%
3/8"	9.52	6.3	96.91%
1/4"	6.3	5.4	95.98%
N°4	4.76	1.7	95.69%
N°8	2.4	4.7	94.88%
N°10	2	1	94.71%
N°40	0.43	22.8	90.79%
N°50	0.3	34.6	84.85%
N°100	0.15	222.3	46.66%
N°200	0.07	67.4	35.08%
FONDO		204.2	0.00%

**Diagramas o tablas**

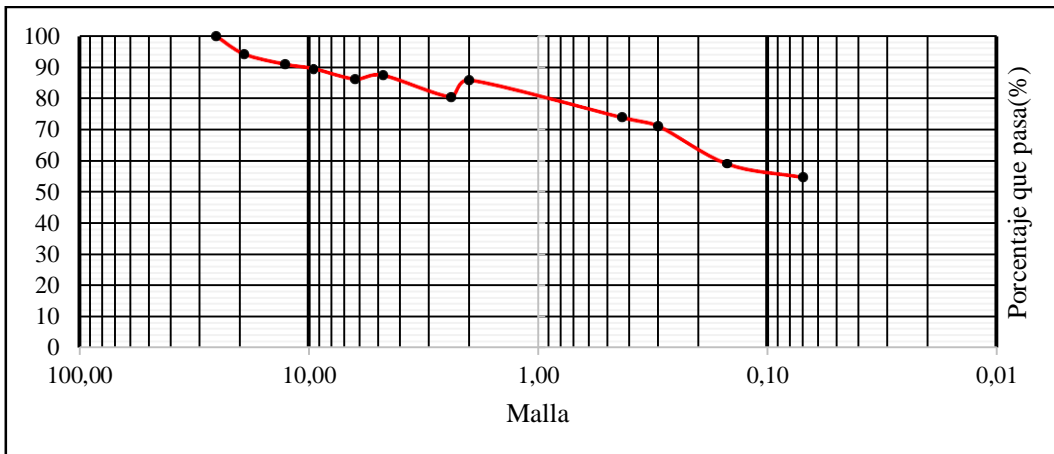


Figura N° 27: Curva Granulométrica del Suelo del Distrito de Cusco.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

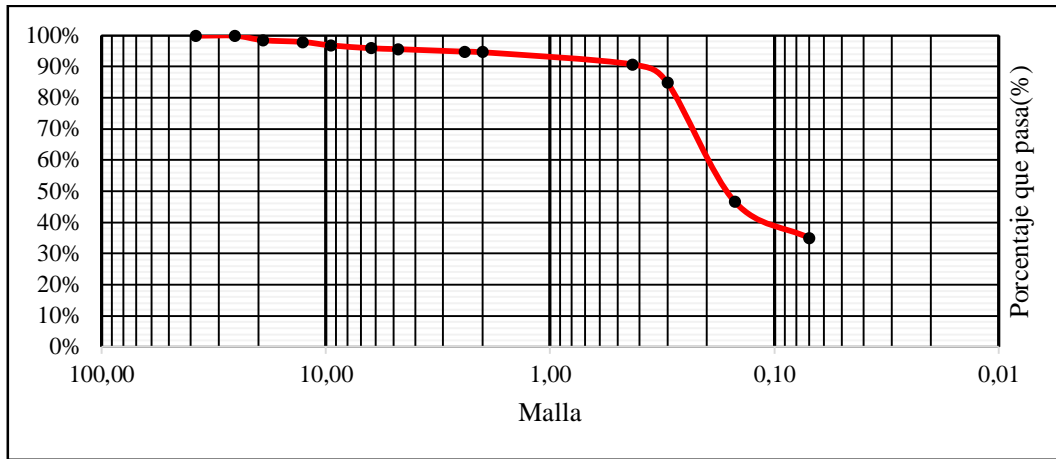


Figura N° 28: Curva Granulométrica del Suelo del Distrito de San Jerónimo.

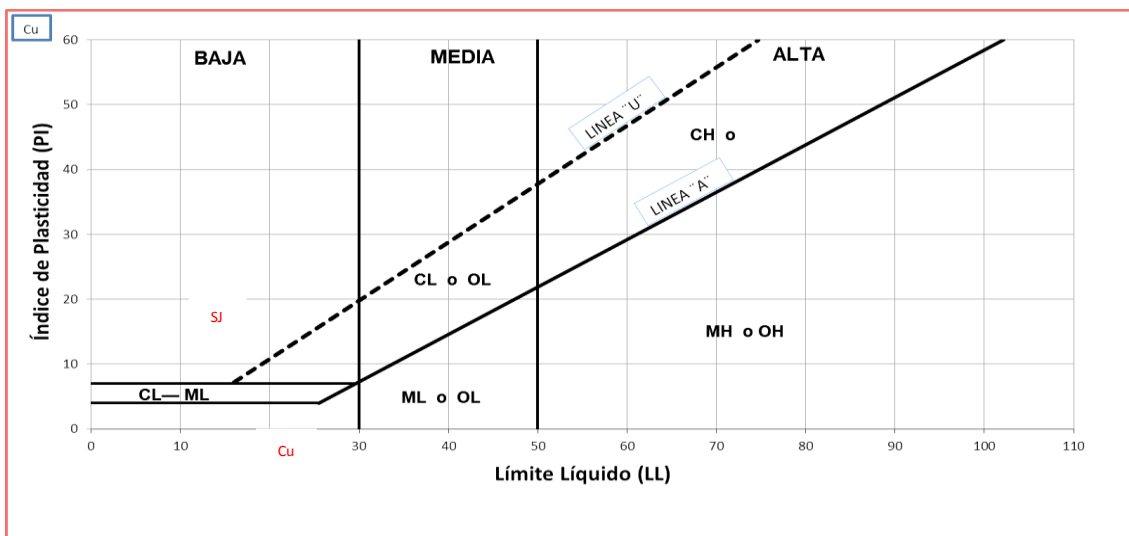


Figura N° 29: Carta de Casagrande.

El índice de plásticidad (IP), el cual resulta de la diferencia entre el LL y LP:

Distrito de Cusco

LL=	26
LP=	17
IP=	9

Distrito de San Jerónimo

LL=	19.6
LP=	0.0
IP=	19.6

**Clasificación del Suelo**

Con todos los resultados anteriormente se procede a clasificar los suelos de a SUCS de la siguiente manera:

Tabla 101: Clasificación de Suelos.

Distrito	Metodología		
	SUCS	AASHTO	Descripción
Cusco	CL	A-4	Arcilla ligera arenosa con grava
San Jerónimo	SC	A-2-6 (2)	Arena arcillosa

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbay, Cusco, Depto Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



### Análisis de la prueba



El suelo del distrito de Cusco presenta una cantidad de mayor de arcillas, en comparación al suelo del distrito de San Jerónimo que presenta una mayor cantidad de arena con mínimas porciones arcilla, esta diferencia se puede observar desde que se hace el reconocimiento y la extracción de los suelos.

#### 3.6.2.4 Próctor modificado

#### Procesamiento o cálculos de la prueba

Se Calculó el Peso Unitario Seco con aproximación 0,2 kN/m<sup>3</sup> (0,1 lbf/pie<sup>3</sup>) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, se calculó el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo.

Tabla 102: Procesamiento del Ensayo de Próctor Modificado-Distrito de Cusco

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
	Ensayo:	<b>Proctor Modificado - Método "A"</b> NTP 339.141				
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.					
Localización :	Cusco					
Distrito :	Cusco					
Fecha de Ensayo :	06/03/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	gr/cm <sup>3</sup>					
Observaciones :	Ninguna					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Prueba #	N°	1	2	3	4	5
Vol. del Molde :	cm <sup>3</sup>	880	880	880	880	880
Peso de Molde :	gr	1871	1871	1871	1871	1871
Peso Molde + SH :	gr	3642	3723	3768	3745	3730
Peso de SH :	gr	1771	1852	1897	1874	1859
Densidad de SH :	gr/cm <sup>3</sup>	2.01	2.10	2.16	2.13	2.11
Tara # :	N°	1	2	3	4	5
Peso de Tara :	gr	16.66	16.60	16.35	16.10	16.75
Peso de Tara + SH :	gr	57.15	65.23	56.93	62.91	58.83
Peso de Tara + SS :	gr	53.73	60.00	51.66	56.18	51.77
Peso de Agua :	gr	3.42	5.23	5.27	6.73	7.06
Peso de SS :	gr	37.07	43.40	35.31	40.08	35.02
Cont. De Humedad :	%	9.23%	12.05%	14.92%	16.79%	20.16%
Densidad de SS :	gr/cm <sup>3</sup>	1.84	1.88	1.88	1.82	1.76

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 103: Procesamiento del Ensayo de Próctor Modificado-Distrito de San Jerónimo

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
	Ensayo:	<b>Proctor Modificado - Método "A"</b> NTP 339.141				
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.					
Localización :	Cusco					
Distrito :	San Jerónimo					
Fecha de Ensayo :	05/03/2018					
<b>Datos de la Muestra</b>						
Unidad de Medida :	gr/cm <sup>3</sup>					
Observaciones :	Ninguna					
<b>Datos del Ensayo</b>						
Prueba #	N°	1	2	3	4	5
Vol. del Molde :	cm <sup>3</sup>	880	880	880	880	880
Peso de Molde :	gr	1871	1871	1871	1871	1871
Peso Molde + SH :	gr	3642	3723	3768	3745	3730
Peso de SH :	gr	1771	1852	1897	1874	1859
Densidad de SH :	gr/cm <sup>3</sup>	2.01	2.10	2.16	2.13	2.11
Tara # :	N°	1	2	3	4	5
Peso de Tara :	gr	16.84	16.39	16.68	16.39	16.21
Peso de Tara + SH :	gr	62.14	63.63	60.20	67.73	81.57
Peso de Tara + SS :	gr	57.93	58.30	54.58	60.33	70.95
Peso de Agua :	gr	4.21	5.33	5.62	7.40	10.62
Peso de SS :	gr	41.09	41.91	37.90	43.94	54.74
Cont. De Humedad :	%	10.25%	12.72%	14.83%	16.84%	19.40%
Densidad de SS :	gr/cm <sup>3</sup>	1.83	1.87	1.88	1.82	1.77

Diagramas o tablas

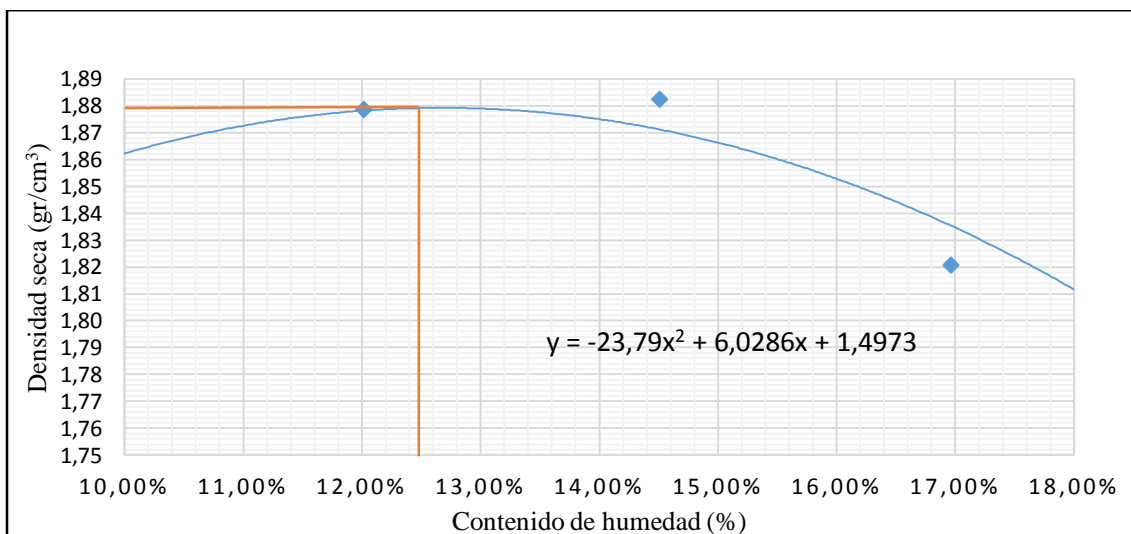


Figura N° 30: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de Cusco.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Máxima Densidad Seca:	1.88	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido De Humedad Óptimo:	12.54	%

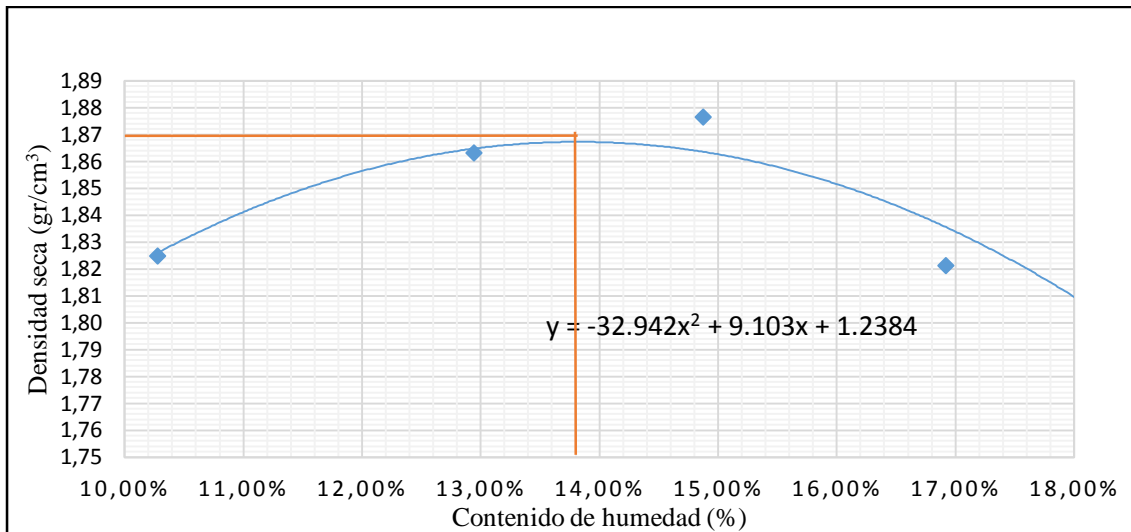


Figura N° 31: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de San Jerónimo.

Máxima Densidad Seca:	1.87	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad Óptimo:	13.80	%

### Análisis de la prueba

Tomando el pico de la curva como intersección se puede obtener el contenido de humedad y la densidad máxima seca del suelo, esto se realizó para el distrito de Cusco y distrito de San Jerónimo.

### 3.6.3 Ensayos de propiedades mecánicas

#### 3.6.3.1 Ensayo de resistencia a la compresión

##### Procesamiento o cálculo de la prueba

Para calcular la resistencia a la compresión se procede con tomar las dimensiones de la unidad de albañilería, una vez obtenido esto se le saca el área axial de la cara en la que se ejerce la carga máxima ejercida por la máquina de compresión.

Procesamiento de datos del distrito de Cusco.

Tabla 104: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + aditivo CONSOLID, con una edad de 7 días - Distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 04/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 7 días							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
<b>Dosificación C444 : 0.0 lt/ m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.82	307.50	2200	7.15	6.02 kg/cm <sup>2</sup>	12.32%	11.71%
N2	5.93	307.50	1890	6.15		10.19%	
N3	5.88	307.50	1930	6.28		10.26%	
N4	5.91	306.28	1660	5.42		12.61%	
N5	5.92	306.28	1570	5.13		13.19%	
<b>Dosificación C444 : 0.6 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.95	305.04	1940	6.36	6.52 kg/cm <sup>2</sup>	12.18%	11.67%
N2	5.95	303.80	1950	6.42		11.35%	
N3	5.94	302.56	1930	6.38		10.58%	
N4	5.93	305.00	1880	6.16		12.03%	
N5	5.87	302.56	2200	7.27		12.21%	
<b>Dosificación C444 : 1.2 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.77	303.80	2460	8.10	7.29 kg/cm <sup>2</sup>	12.06%	12.57%
N2	5.82	307.50	2180	7.09		12.73%	
N3	5.83	306.28	2160	7.05		13.28%	
N4	5.83	306.28	2010	6.56		12.54%	
N5	5.78	306.28	2340	7.64		12.25%	
<b>Dosificación C444 : 1.8 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.68	302.56	2650	8.76	9.78 kg/cm <sup>2</sup>	11.58%	10.96%
N2	5.65	302.56	2800	9.25		11.33%	
N3	5.71	302.56	3050	10.08		11.22%	
N4	5.70	300.12	3020	10.06		11.13%	
N5	5.66	303.80	3260	10.73		9.52%	
<b>Dosificación C444 : 2.4 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.54	300.12	3170	10.56	9.90 kg/cm <sup>2</sup>	7.30%	10.33%
N2	5.61	300.12	3010	10.03		11.26%	
N3	5.64	300.12	2810	9.36		11.54%	
N4	5.61	298.89	2910	9.74		9.96%	
N5	5.65	301.32	2950	9.79		11.59%	



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 105: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + aditivo CONSOLID, con una edad de 14 días - Distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil				
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034				
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.						
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 11/07/2018						
<b>Datos de la Muestra</b>						
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 14 días						
<b>Procesamiento de Datos</b>						
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>0.0 lt/ m<sup>3</sup></b>				
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]
N1	5.80	306.28	2310	7.54	7.59 kg/cm <sup>2</sup>	10.86%
N2	5.87	306.28	2160	7.05		10.68%
N3	5.87	306.28	2250	7.35		11.24%
N4	5.82	306.28	2480	8.10		10.86%
N5	5.67	306.28	2430	7.93		9.57%
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>0.6 lt/m<sup>3</sup></b>				
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]
N1	5.61	305.04	3910	12.82	8.83 kg/cm <sup>2</sup>	7.98%
N2	5.78	305.04	2560	8.39		11.05%
N3	5.79	305.04	2320	7.61		11.16%
N4	5.81	305.04	2220	7.28		11.96%
N5	5.74	305.04	2450	8.03		11.41%
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>				
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]
N1	5.67	306.28	3710	12.11	13.00 kg/cm <sup>2</sup>	9.71%
N2	5.66	303.80	3680	12.11		9.33%
N3	5.65	305.04	3770	12.36		9.34%
N4	5.55	305.04	4340	14.23		10.98%
N5	5.58	306.28	4350	14.20		10.28%
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.8 lt/m<sup>3</sup></b>				
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]
N1	5.51	306.28	4990	16.29	16.44 kg/cm <sup>2</sup>	9.10%
N2	5.55	306.28	4980	16.26		9.66%
N3	5.55	305.04	5000	16.39		10.67%
N4	5.47	303.80	5040	16.59		9.40%
N5	5.55	305.04	5080	16.65		9.68%
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>2.4 lt/m<sup>3</sup></b>				
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]
N1	5.54	305.04	4980	16.33	16.47 kg/cm <sup>2</sup>	9.22%
N2	5.45	306.28	4970	16.23		9.65%
N3	5.45	303.80	5290	17.41		9.86%
N4	5.45	305.04	5010	16.42		10.33%
N5	5.44	306.28	4890	15.97		9.14%

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 106: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + aditivo CONSOLID, con una edad de 28 días - Distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil						
Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034							
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 25/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 28 días							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
<b>Dosificación C444 : 0.0 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.45	300.12	4560	15.19	15.94 kg/cm <sup>2</sup>	4.29%	4.20%
N2	5.36	300.12	5020	16.73		3.95%	
N3	5.40	300.12	4540	15.13		4.17%	
N4	5.36	300.12	4870	16.23		4.35%	
N5	5.36	300.12	4930	16.43		4.25%	
<b>Dosificación C444 : 0.6 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.37	298.89	5320	17.80	17.21 kg/cm <sup>2</sup>	4.81%	4.17%
N2	5.37	298.89	5440	18.20		4.70%	
N3	5.31	300.12	4980	16.59		3.43%	
N4	5.41	300.12	4880	16.26		4.04%	
N5	5.39	298.89	5140	17.20		3.88%	
<b>Dosificación C444 : 1.2 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.43	298.89	5390.00	18.03	18.22 kg/cm <sup>2</sup>	2.34%	2.94%
N2	5.41	298.89	5470.00	18.30		3.16%	
N3	5.37	300.12	5510.00	18.36		2.96%	
N4	5.33	300.12	5530.00	18.43		3.39%	
N5	5.43	298.89	5380.00	18.00		2.85%	
<b>Dosificación C444 : 1.8 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.41	305.04	5740	18.82	18.67 kg/cm <sup>2</sup>	2.17%	2.17%
N2	5.45	303.81	5870	19.32		1.95%	
N3	5.41	305.04	5600	18.36		1.74%	
N4	5.42	301.35	5590	18.55		2.58%	
N5	5.43	306.28	5610	18.32		2.40%	
<b>Dosificación C444 : 2.4 lt/m<sup>3</sup></b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	5.39	305.04	5930	19.44	18.86 kg/cm <sup>2</sup>	1.02%	1.19%
N2	5.37	305.04	5770	18.92		1.53%	
N3	5.39	305.04	5670	18.59		0.92%	
N4	5.39	305.04	5690	18.65		1.40%	
N5	5.37	305.04	5700	18.69		1.11%	



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 107: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 7 días - Distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 16/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 7 días							
<b>Procesamiento de Datos</b>							
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		10 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-1	5.53	306.28	5140	16.78	15.66 kg/cm <sup>2</sup>	4.68%	5.61%
S-A-2	5.56	307.52	4400	14.31		5.02%	
S-A-3	5.58	306.28	4470	14.59		5.91%	
S-A-4	5.59	306.28	4900	16.00		6.24%	
S-A-5	5.58	307.52	5110	16.62		6.20%	
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		30 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-1	5.63	307.52	6140	19.97	20.35 kg/cm <sup>2</sup>	7.23%	7.90%
S-B-2	5.65	307.52	6200	20.16		8.23%	
S-B-3	5.68	306.28	6400	20.90		6.65%	
S-B-4	5.66	307.52	6380	20.75		8.40%	
S-B-5	5.67	307.52	6140	19.97		8.99%	
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		50 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-1	5.61	306.28	6140	20.05	21.41 kg/cm <sup>2</sup>	8.34%	8.50%
S-C-2	5.63	306.28	6970	22.76		9.45%	
S-C-3	5.61	307.52	6730	21.88		8.66%	
S-C-4	5.61	306.28	6600	21.55		8.50%	
S-C-5	5.62	307.52	6400	20.81		7.56%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 108: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 14 días - Distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 23/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : 14 días							
<b>Procesamiento de Datos</b>							
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		10 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-6	5.47	306.28	4890	15.97	16.28 kg/cm <sup>2</sup>	4.99%	4.94%
S-A-7	5.47	305.04	5050	16.56		5.35%	
S-A-8	5.50	308.75	5270	17.07		4.88%	
S-A-9	5.47	307.50	4830	15.71		4.67%	
S-A-10	5.48	308.75	4970	16.10		4.79%	
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		30 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-6	5.52	306.28	6630	21.65	22.33 kg/cm <sup>2</sup>	7.08%	6.54%
S-B-7	5.55	308.75	7150	23.16		6.87%	
S-B-8	5.54	306.28	6970	22.76		6.76%	
S-B-9	5.55	305.04	6780	22.23		6.83%	
S-B-10	5.55	308.75	6750	21.86		5.15%	
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		50 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-6	5.50	308.75	7730	25.04	25.61 kg/cm <sup>2</sup>	6.18%	6.90%
S-C-7	5.50	308.75	7830	25.36		7.01%	
S-C-8	5.51	305.04	7850	25.73		5.72%	
S-C-9	5.50	305.04	7990	26.19		8.03%	
S-C-10	5.49	306.28	7880	25.73		7.58%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tabla 109: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 28 días - Distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 06/08/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : <b>28 días</b>							
<b>Procesamiento de Datos</b>							
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		10 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-1	5.53	305.04	5410	17.74	17.77 kg/cm <sup>2</sup>	4.68%	5.61%
S-A-2	5.56	306.28	4980	16.26		5.02%	
S-A-3	5.58	306.28	5410	17.66		5.91%	
S-A-4	5.59	305.04	5730	18.78		6.24%	
S-A-5	5.58	305.04	5620	18.42		6.20%	
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		30 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-1	5.63	306.28	7540	24.62	24.41 kg/cm <sup>2</sup>	7.23%	7.90%
S-B-2	5.65	305.04	7650	25.08		8.23%	
S-B-3	5.68	306.28	7230	23.61		6.65%	
S-B-4	5.66	305.04	7310	23.96		8.40%	
S-B-5	5.67	306.28	7590	24.78		8.99%	
Dosificación C444 :		1.8 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidry :		50 kg/m <sup>3</sup>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-1	5.61	306.28	8660	28.27	28.09 kg/cm <sup>2</sup>	8.34%	8.50%
S-C-2	5.63	305.04	8540	28.00		9.45%	
S-C-3	5.61	305.04	8520	27.93		8.66%	
S-C-4	5.61	306.28	8610	28.11		8.50%	
S-C-5	5.62	305.04	8580	28.13		7.56%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 110: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + aditivo CONSOLID, con una edad de 7 días - Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 02/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : <b>7 días</b>							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>0.0 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N1	4.67	311.22	760	2.44	1.77	5.56%	6.10%
N2	4.64	311.22	590	1.90		5.90%	
N3	4.74	311.22	440	1.41		6.67%	
N4	4.70	311.22	460	1.48		6.44%	
N5	4.71	311.22	500	1.61		5.93%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>0.6 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A1	4.68	311.22	510	1.64	1.59	6.96%	7.03%
A2						7.11%	
A3	4.65	311.22	480	1.54		7.11%	
A4							
A5							
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.2 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B1	4.68	311.22	440	1.41	1.38	7.12%	7.62%
B2	4.69	311.22	380	1.22		7.25%	
B3	-					8.07%	
B4	4.75	311.22	420	1.35		8.04%	
B5	4.71	311.22	480	1.54			
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.8 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C1					0.87		9.29%
C2	4.66	311.22	280	0.90		9.37%	
C3	4.67	311.22	260	0.84		9.22%	
C4							
C5							
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>2.4 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
D1					1.42		7.20%
D2	4.69	308.75	360	1.17		7.28%	
D3							
D4	4.60	311.22	400	1.29		6.81%	
D5	4.67	308.75	560	1.81		7.52%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 111: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + aditivo CONSOLID, con una edad de 14 días - Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		<b>Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 09/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 14 días							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>0.0 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N6	4.45	306.28	870	2.84	2.79	1.87%	1.76%
N7	4.46	306.28	800	2.61		1.49%	
N8	4.50	306.28	880	2.87		1.76%	
N9	4.52	306.28	880	2.87		1.87%	
N10	4.50	306.28	840	2.74		1.79%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>0.6 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A6	4.56	306.28	600	1.96	2.10	3.31%	3.08%
A7	4.51	306.28	650	2.12		2.23%	
A8	4.57	306.28	650	2.12		3.64%	
A9	4.60	306.28	680	2.22		3.47%	
A10	4.58	306.28	640	2.09		2.75%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.2 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B6					2.24		2.60%
B7	4.47	306.28	660	2.15		2.88%	
B8	4.49	307.52	730	2.37		2.40%	
B9	4.48	307.52	720	2.34		2.75%	
B10	4.45	307.52	640	2.08		2.38%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.8 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C6	4.47	306.28	600	1.96	1.93	3.56%	3.55%
C7	4.40	307.52	580	1.89		3.15%	
C8	4.51	306.28	540	1.76		3.78%	
C9	4.51	307.52	620	2.02		3.90%	
C10	4.53	307.52	620	2.02		3.35%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>2.4 lt/m3</b>					
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
D6	4.47	307.52	660	2.15	2.29	2.07%	2.05%
D7	4.48	306.28	670	2.19		1.97%	
D8	4.49	306.28	710	2.32		1.79%	
D9	4.51	307.52	770	2.50		2.37%	
D10							

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 112: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + aditivo CONSOLID, con una edad de 28 días - Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		<b>Ensayo: RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 23/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm2 Observaciones : Ninguna Edad : 28 días							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
<b>Dosificación C444 : 0.0 lt/m3</b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
N11	4.45	308.75	690	2.23	2.49	0.67%	0.64%
N12	4.50	308.75	780	2.53		0.82%	
N13	4.51	307.50	810	2.63		0.56%	
N14	4.47	307.50	790	2.57		0.49%	
N15							
<b>Dosificación C444 : 0.6 lt/m3</b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
A11	4.47	308.75	690	2.23	2.50	0.64%	0.79%
A12	4.48	307.50	800	2.60		0.73%	
A13	4.53	308.75	780	2.53		0.81%	
A14	4.54	307.50	840	2.73		0.80%	
A15	4.51	311.22	750	2.41		0.96%	
<b>Dosificación C444 : 1.2 lt/m3</b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
B11	4.48	307.52	820	2.67	2.69	0.84%	0.96%
B12	4.48	307.52	800	2.60		0.93%	
B13							
B14	4.53	310.00	800	2.58		1.28%	
B15	4.51	307.52	890	2.89		0.79%	
<b>Dosificación C444 : 1.8 lt/m3</b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
C11	4.47	308.75	700	2.27	2.17	1.28%	1.35%
C12	4.47	307.52	760	2.47		1.31%	
C13							
C14	4.47	306.28	590	1.93		1.45%	
C15	4.47	310.00	630	2.03		1.35%	
<b>Dosificación C444 : 2.4 lt/m3</b>							
Código	Peso [kg]	Área [cm2]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm2]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm2]	Humedad [%]	Prom. Humedad
D11	4.49	310.00	690	2.23	2.15	1.41%	1.42%
D12	4.45	310.00	690	2.23		1.47%	
D13	4.48	307.52	760	2.47		1.40%	
D14	4.50	307.52	730	2.37		1.39%	
D15	4.27	306.28	440	1.44		1.42%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 113: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 7 días - Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 14/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : <b>7 días</b>							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
Dosificación C444 :		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		Dosificación Solidry :		<b>30 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia F'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-1	4.66	310.00	980	3.16	3.50	5.55%	5.44%
S-A-2	4.66	310.00	1130	3.65		5.49%	
S-A-3	4.65	310.00	1150	3.71		5.00%	
S-A-4	4.66	310.00	1090	3.52		5.52%	
S-A-5	4.64	310.00	1080	3.48		5.64%	
Dosificación C444 :		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		Dosificación Solidry :		<b>50 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia F'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-1	4.70	310.00	1780	5.74	5.59	4.32%	4.50%
S-B-2	4.71	310.00	1720	5.55		4.80%	
S-B-3	4.67	310.00	1470	4.74		4.76%	
S-B-4	4.72	310.00	1870	6.03		4.07%	
S-B-5	4.62	310.00	1820	5.87		4.55%	
Dosificación C444 :		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		Dosificación Solidry :		<b>70 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia F'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-1	4.62	310.00	2040	6.58	6.75	4.68%	4.50%
S-C-2	4.60	310.00	1990	6.42		3.53%	
S-C-3	4.61	310.00	2030	6.55		5.03%	
S-C-4	4.63	310.00	2260	7.29		4.18%	
S-C-5	4.64	310.00	2150	6.94		5.06%	



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 114: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 14 días - Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 21/07/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : <b>14 días</b>							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
Dosificación C444 :		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		Dosificación Solidry :		<b>30 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-6	4.60	311.25	1070	3.44	3.48	2.56%	2.33%
S-A-7	4.61	311.25	1010	3.24		2.44%	
S-A-8	4.60	311.25	1040	3.34		2.31%	
S-A-9	4.62	310.00	1100	3.55		1.98%	
S-A-10	4.63	310.00	1190	3.84		2.38%	
Dosificación C444 :		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		Dosificación Solidry :		<b>50 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-6	4.58	311.25	1090	3.50	3.71	3.76%	2.65%
S-B-7	4.60	311.25	1260	4.05		2.59%	
S-B-8	4.59	311.25	1120	3.60		2.29%	
S-B-9	4.59	310.00	1160	3.74		2.57%	
S-B-10	4.59	310.00	1140	3.68		2.03%	
Dosificación C444 :		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		Dosificación Solidry :		<b>70 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-6	4.59	310.00	2140	6.90	7.44	3.72%	3.95%
S-C-7	4.61	310.00	2540	8.19		3.70%	
S-C-8	4.59	311.25	2250	7.23		3.64%	
S-C-9	4.56	311.25	2180	7.00		3.92%	
S-C-10	4.59	311.25	2450	7.87		4.74%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 115: Cálculo de Resistencia a Compresión Simple de unidades de albañilería + óptimo de aditivo CONSOLID + aditivo SOLIDRY, con una edad de 28 días - Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
		Ensayo: <b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE</b> NTP 339.034					
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.							
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 04/08/2018							
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>							
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup> Observaciones : Ninguna Edad : <b>28 días</b>							
<b><u>Procesamiento de Datos</u></b>							
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		<b>Dosificación Solidry :</b>		<b>30 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-A-11	5.39	305.04	2210	7.24	7.39	1.47%	1.56%
S-A-12	5.40	306.28	2370	7.74		1.58%	
S-A-13	5.39	306.28	2170	7.09		1.35%	
S-A-14	5.38	305.04	2350	7.70		1.57%	
S-A-15	5.37	305.04	2190	7.18		1.81%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		<b>Dosificación Solidry :</b>		<b>50 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-B-11	5.37	306.28	2370	7.74	7.54	1.38%	1.20%
S-B-12	5.40	305.04	2290	7.51		1.01%	
S-B-13	5.39	306.28	2270	7.41		1.17%	
S-B-14	5.40	305.04	2260	7.41		1.19%	
S-B-15	5.40	306.28	2340	7.64		1.26%	
<b>Dosificación C444 :</b>		<b>1.2 lt/m<sup>3</sup></b>		<b>Dosificación Solidry :</b>		<b>70 kg/m<sup>3</sup></b>	
Código	Peso [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Presión [kg-f]	Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Prom. Resistencia f'b [kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad [%]	Prom. Humedad
S-C-11	5.43	306.28	3250	10.61	10.51	2.14%	1.55%
S-C-12	5.44	305.04	3120	10.23		1.29%	
S-C-13	5.43	305.04	3220	10.56		1.33%	
S-C-14	5.44	306.28	3180	10.38		1.59%	
S-C-15	5.43	305.04	3290	10.79		1.42%	

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Diagramas o tablas

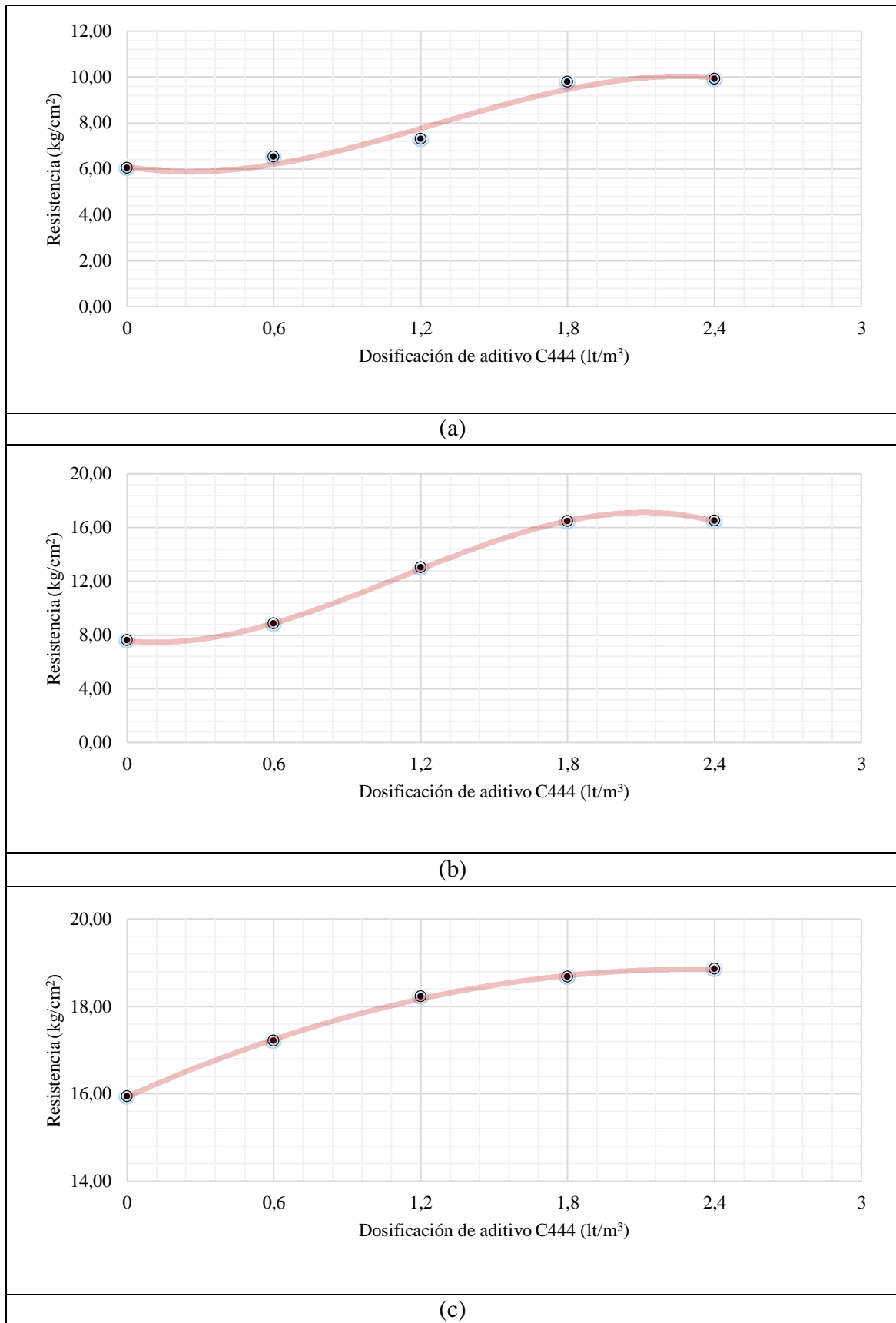


Figura N° 32: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de Cusco.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbilla, Cusco, Depto Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



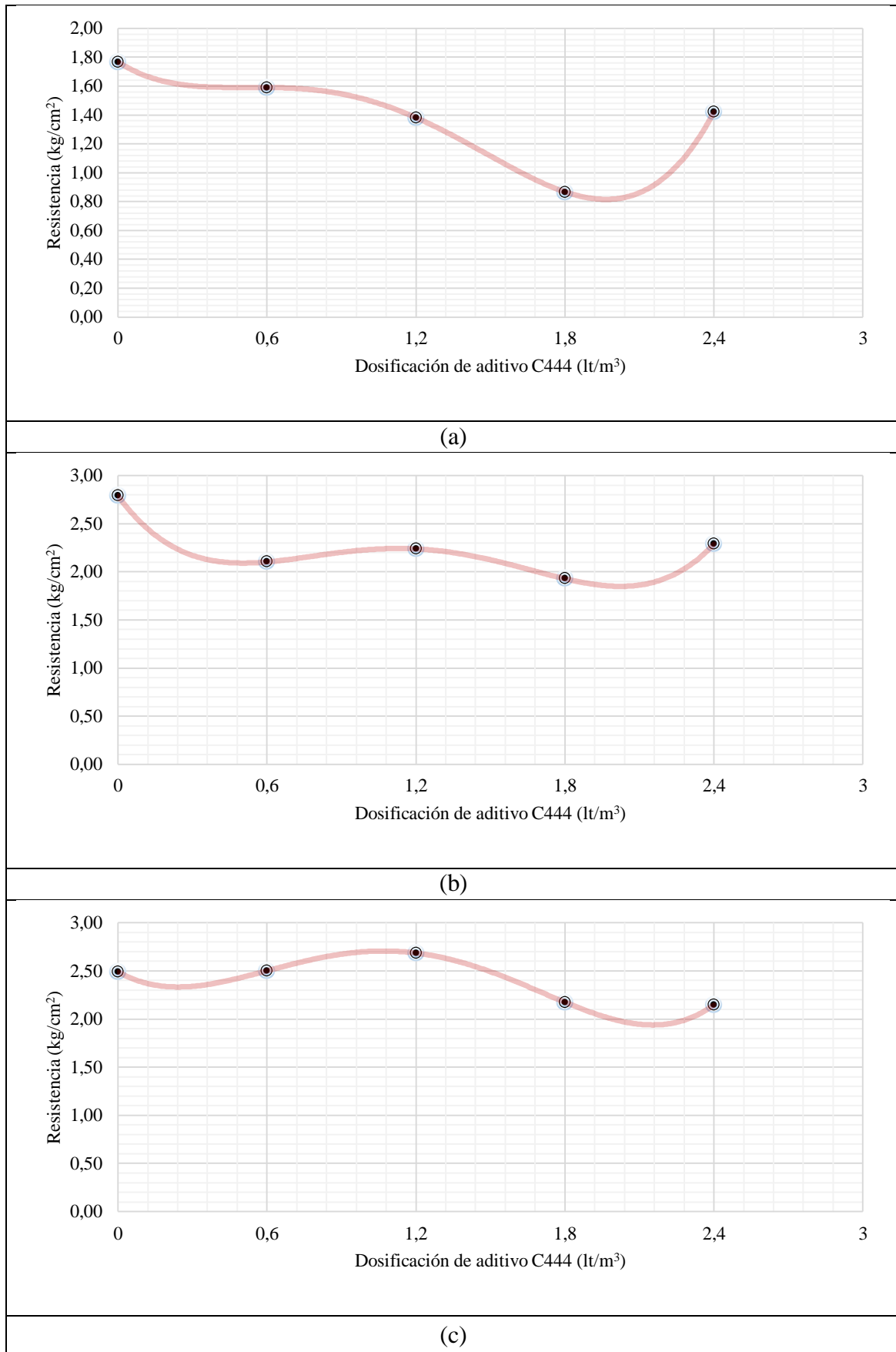


Figura N° 33: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de San Jerónimo.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbay, Cusipata, Pucallpa – Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

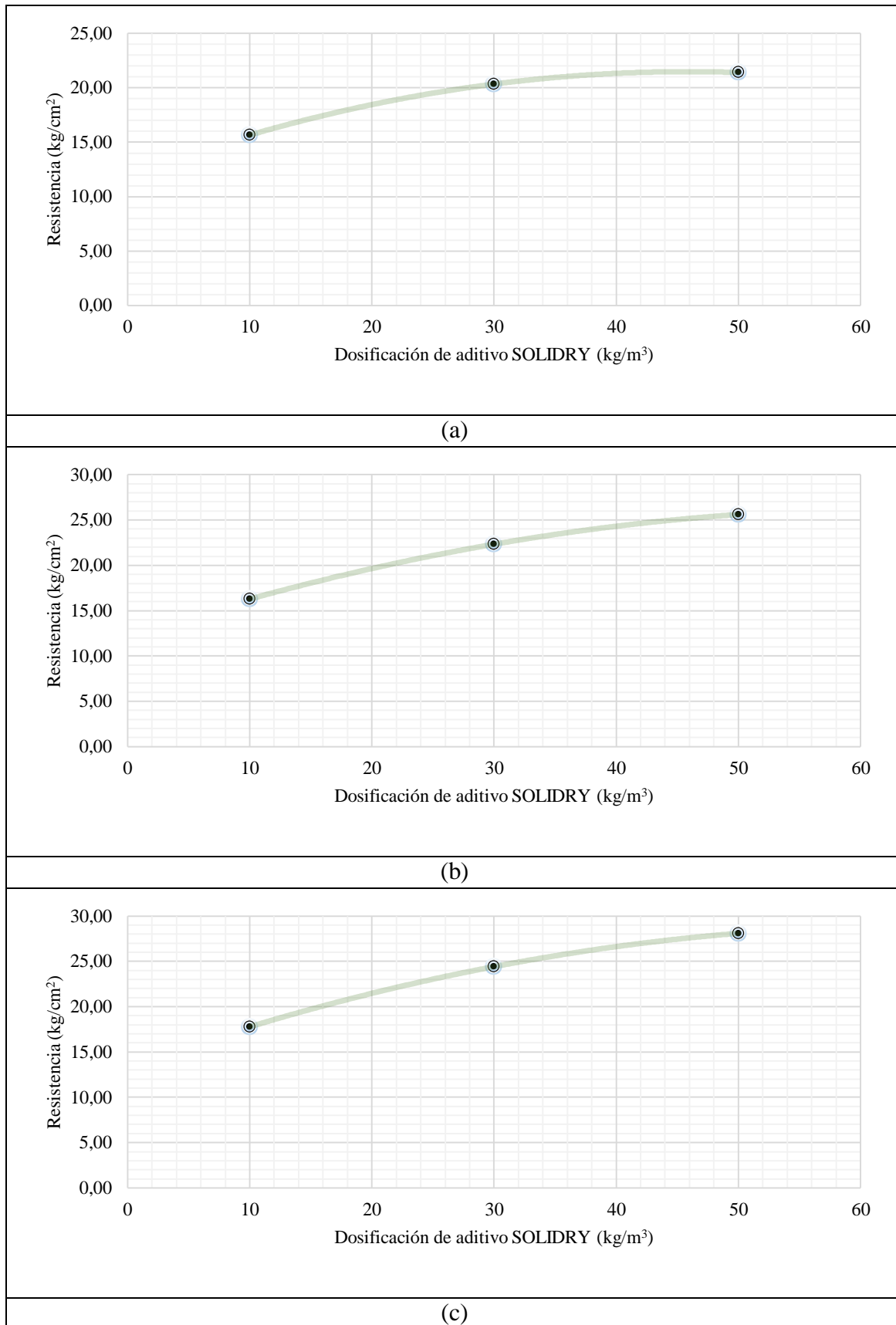


Figura N° 34: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444 + SOLIDRY: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de Cusco.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayaco, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

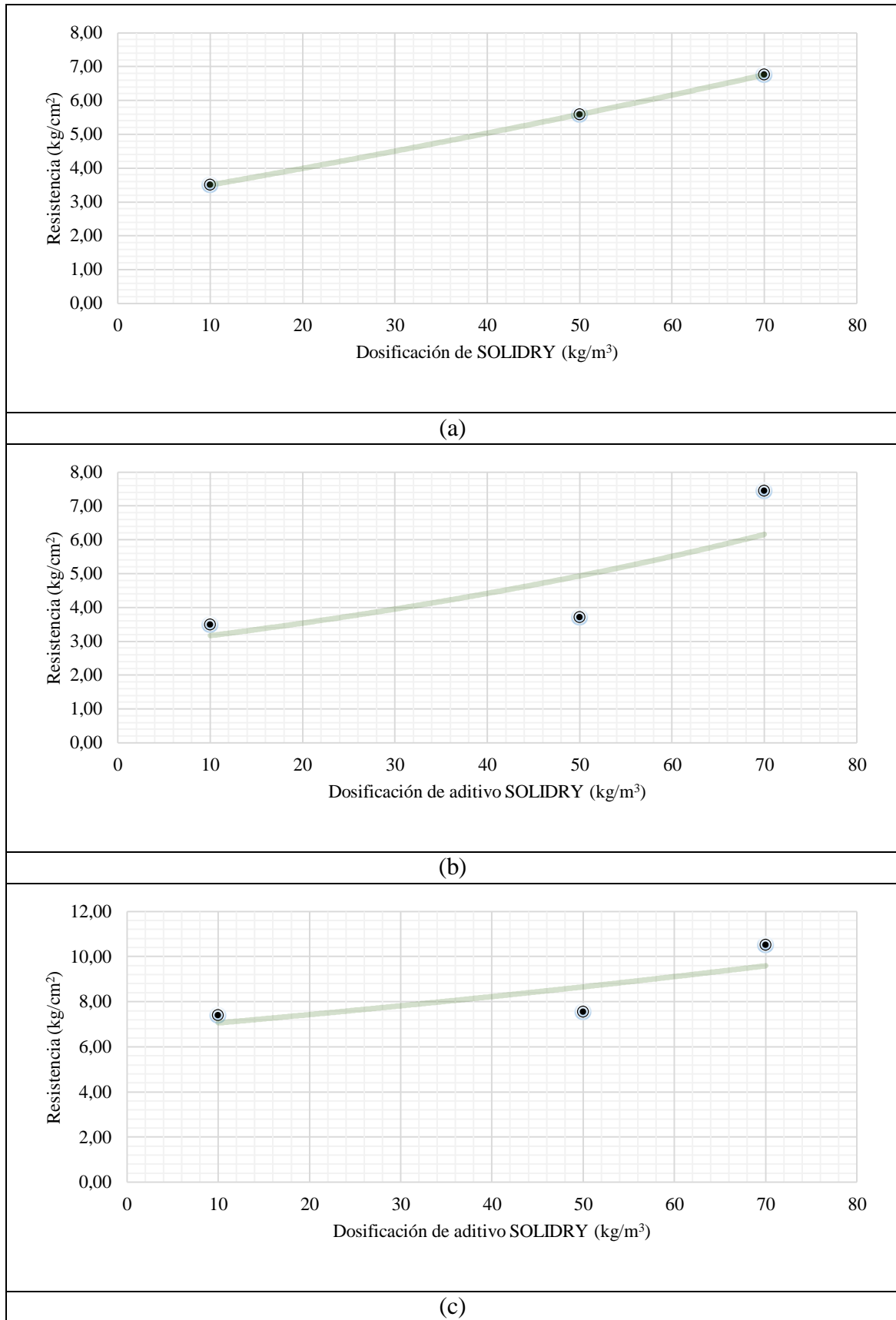


Figura N° 35: Curva de resistencia vs dosificación de aditivo C444 + SOLIDRY: a) 7 días b) 14 días y c) 28 días – Distrito de San Jerónimo.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayaco, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

## Análisis de la prueba

El aditivo CONSOLID no da un incremento significativo en cuanto a las resistencias obtenidas sin embargo se obtuvo una dosificación óptima, a esta dosificación óptima de CONSOLID se añadió aditivo SOLIDRY en distintas cantidades para obtener una dosificación óptima del sistema CONSOLID (Aditivo C444 + SOLIDRY) para poder así obtener un incremento en la resistencia de las unidades de albañilería.

Se puede deducir que las dosificaciones para el distrito de Cusco son de 1.8lt/m<sup>3</sup> de aditivo CONSOLID + 50kg/m<sup>3</sup> de aditivo SOLIDRY, con las que se alcanza una resistencia máxima.

Se puede deducir que las dosificaciones para el distrito de San Jerónimo son de 1.2lt/m<sup>3</sup> de aditivo CONSOLID + 70kg/m<sup>3</sup> de aditivo SOLIDRY, con las que se alcanza una resistencia máxima.

### 3.6.3.2 Ensayo de módulo de rotura Procesamiento o cálculo de la prueba

El módulo de rotura se obtiene de manera similar al cálculo de resistencia a compresión. Para lo cual primero hallamos la fuerza de corte que producirá la fractura, este es un valor proporcionado por la máquina de compresión. Las dimensiones de la unidad de albañilería se medirá de forma directa con una regla metálica, esto se aplicó a las unidades de albañilería con las dosificaciones óptimas humedad, aditivo CONSOLID y aditivo SOLIDRY.



## Diagramas o tablas

Tabla 116: Procesamiento de datos de Módulo de Rotura – Distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil				
Ensayo:	<b>Módulo de Rotura</b> NTP 339.034				
Proyecto:	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.				
Localización:	Cusco				
Distrito:	Cusco				
Fecha de Ensayo:	23/08/2018				
Unidad de Medida:	kg/cm <sup>2</sup>				
Observaciones:	Ninguna				
Edad:	28 días				
Dosificación C444:	1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 50 Kg/m <sup>3</sup>			
<b>Procesamiento de datos</b>					
Testigo #	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Luz (cm)	Presion (kg f)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9.4	12.4	18	500	12.32
2	9.5	12.4	18	480	11.58
3	9.4	12.4	18	440	10.84
4	9.4	12.4	18	460	11.34
5	9.5	12.4	18	480	11.58

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 117: Procesamiento de datos de Módulo de Rotura – Distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil																																					
Ensayo:	<b>Módulo de Rotura</b>																																					
Proyecto :	NTP 339.034																																					
	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.																																					
Localización : Cusco																																						
Distrito : San Jerónimo																																						
Fecha de Ensayo : 23/08/2018																																						
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>																																					
Unidad de Medida : kg/cm <sup>2</sup>																																						
Observaciones : Ninguna																																						
<b>Edad : 28 días</b>																																						
Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>		Dosificación Solidr 70 Kg/m <sup>3</sup>																																				
	<b><u>Procesamiento de datos</u></b>																																					
<table border="1"><thead><tr><th>Testigo #</th><th>Espesor (cm)</th><th>Ancho (cm)</th><th>Luz (cm)</th><th>Presion (kg f)</th><th>Módulo de Rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>9.6</td><td>12.5</td><td>18</td><td>280</td><td>6.56</td></tr><tr><td>2</td><td>9.6</td><td>12.4</td><td>18</td><td>260</td><td>6.14</td></tr><tr><td>3</td><td>9.6</td><td>12.5</td><td>18</td><td>270</td><td>6.33</td></tr><tr><td>4</td><td>9.6</td><td>12.5</td><td>18</td><td>270</td><td>6.33</td></tr><tr><td>5</td><td>9.6</td><td>12.5</td><td>18</td><td>290</td><td>6.80</td></tr></tbody></table>	Testigo #	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Luz (cm)	Presion (kg f)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	1	9.6	12.5	18	280	6.56	2	9.6	12.4	18	260	6.14	3	9.6	12.5	18	270	6.33	4	9.6	12.5	18	270	6.33	5	9.6	12.5	18	290	6.80		
Testigo #	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Luz (cm)	Presion (kg f)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )																																	
1	9.6	12.5	18	280	6.56																																	
2	9.6	12.4	18	260	6.14																																	
3	9.6	12.5	18	270	6.33																																	
4	9.6	12.5	18	270	6.33																																	
5	9.6	12.5	18	290	6.80																																	

### Análisis de la prueba

En el procesamiento de los datos de Módulo de Rotura de los especímenes, se puede notar que para el distrito de Cusco se tiene un valor promedio de 11.53 kg/cm<sup>2</sup> y para el Distrito de San Jerónimo se tiene un valor promedio de 6.43kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.6.4 Ensayo de propiedades físicas

#### 3.6.4.1 Ensayo de variación dimensional

#### Procesamiento o cálculo de la prueba

El cálculo de la variación dimensional de las unidades de albañilería se realiza con las medidas de sus 4 longitudes, 4 anchos y 4 alturas, de todos los especímenes ensayados.

Diagramas o tablas

Tabla 118: Procesamiento de datos de Variación Dimensional – Distrito de Cusco.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil													
		<b>Ensayo: Variación Dimensional</b> NTP 339.604													
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.															
Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 23/08/2018															
		<u>Datos de la Muestra</u>													
Unidad de Medida : [%] Observaciones : Ninguna Edad : <b>28 días</b> Dosificación C444 : 1.8 lt/m3				Dosificación Solidry : 50 Kg/m3											
<b>Datos del Ensayo</b>															
	Longitud [cm]				Ancho [cm]				Altura [cm]						
Especimen	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
1	24.7	24.8	24.7	24.7	24.73	12.3	12.3	12.3	12.4	12.33	9.5	9.4	9.5	9.5	9.48
2	24.8	24.8	24.8	24.7	24.78	12.3	12.3	12.3	12.4	12.33	9.4	9.5	9.4	9.5	9.45
3	24.7	24.7	24.7	24.7	24.70	12.4	12.3	12.3	12.4	12.35	9.4	9.5	9.5	9.4	9.45
4	24.7	24.7	24.8	24.8	24.75	12.4	12.3	12.3	12.3	12.33	9.4	9.5	9.4	9.5	9.45
5	24.7	24.8	24.8	24.8	24.78	12.4	12.4	12.3	12.4	12.38	9.4	9.4	9.5	9.4	9.43
6	24.8	24.8	24.8	24.7	24.78	12.3	12.3	12.4	12.4	12.35	9.4	9.4	9.5	9.4	9.43
7	24.8	24.8	24.7	24.7	24.75	12.4	12.3	12.3	12.4	12.35	9.5	9.5	9.5	9.4	9.48
8	24.8	24.8	24.8	24.7	24.78	12.4	12.4	12.4	12.3	12.38	9.4	9.4	9.4	9.4	9.40
9	24.8	24.7	24.7	24.8	24.75	12.4	12.4	12.3	12.3	12.35	9.4	9.4	9.5	9.5	9.45
10	24.7	24.8	24.8	24.8	24.78	12.3	12.3	12.3	12.4	12.33	9.5	9.5	9.4	9.5	9.48
	L=				24.80	A=				12.40	H=				9.50
	L prom =				24.76	A prom =				12.35	H prom =				9.45
	%=				0.18	%=				0.44	%=				0.55

Tabla 119: Procesamiento de datos de Variación Dimensional – Distrito de San Jerónimo.

		Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil													
		<b>Ensayo: Variación Dimensional</b> NTP 339.604													
Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.															
Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 23/08/2018															
		<u>Datos de la Muestra</u>													
Unidad de Medida : [%] Observaciones : Ninguna Edad : <b>28 días</b> Dosificación C444 : 1.2 lt/m3				Dosificación Solidry : 70 Kg/m3											
<b>Datos del Ensayo</b>															
	Longitud [cm]				Ancho [cm]				Altura [cm]						
Especimen	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
1	24.9	24.9	24.9	24.9	24.90	12.5	12.5	12.4	12.5	12.48	9.6	9.6	9.6	9.6	9.60
2	24.9	24.9	24.8	24.9	24.88	12.5	12.5	12.5	12.4	12.48	9.6	9.6	9.6	9.5	9.58
3	24.9	24.8	24.9	24.9	24.88	12.5	12.4	12.5	12.5	12.48	9.6	9.5	9.6	9.5	9.55
4	24.8	24.9	24.9	24.8	24.85	12.5	12.5	12.5	12.5	12.50	9.6	9.6	9.6	9.5	9.58
5	24.8	24.9	24.8	24.9	24.85	12.5	12.5	12.5	12.4	12.48	9.6	9.6	9.5	9.6	9.58
6	24.9	24.8	24.9	24.8	24.85	12.5	12.5	12.5	12.5	12.50	9.6	9.6	9.6	9.6	9.60
7	24.8	24.9	24.8	24.9	24.85	12.4	12.4	12.5	12.5	12.45	9.6	9.6	9.6	9.6	9.60
8	24.9	24.9	24.8	24.9	24.88	12.5	12.5	12.5	12.4	12.48	9.5	9.6	9.6	9.6	9.58
9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.90	12.5	12.5	12.4	12.5	12.48	9.6	9.6	9.6	9.5	9.58
10	24.8	24.8	24.9	24.8	24.83	12.5	12.5	12.5	12.5	12.50	9.6	9.6	9.5	9.5	9.55
	L=				24.90	A=				12.50	H=				9.60
	L prom =				24.87	A prom =				12.48	H prom =				9.58
	%=				0.14	%=				0.16	%=				0.23

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

## Análisis de la prueba

La variación de las dimensiones de los especímenes ensayados son menores al 1%, esto es importante puesto que si la variación de dimensiones es mayor entonces el espesor del mortero aumentaría, reduciendo la resistencia del muro.



### 3.6.4.2 Ensayo de alabeo

#### Procesamiento o cálculo de la prueba

El cálculo de este ensayo se realizará obteniendo el promedio de los valores correspondientes a concavidad y convexidad, obtenidos en milímetros.

#### Diagramas o tablas

Tabla 120: Procesamiento de datos del ensayo de Alabeo – Distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo:	<b>Alabeo</b>			
	NTP 339.613			
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.			
Localización :	Cusco			
Distrito :	Cusco			
Fecha de Ensayo :	23/08/2018			
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>			
Unidad de Medida :	mm			
Observaciones :	Ninguna			
Edad :	28 días			
Dosificación C444 :	1.8 lt/m <sup>3</sup>			
	Dosificación Solidry : 50 Kg/m <sup>3</sup>			
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>			
	CARA "A"		CARA "B"	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
Especimen	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	0	0.5	0	1
2	0.5	0	0	0
3	0	0	0	0.5
4	0	0	0	1
5	0.5	0	0	0.5
6	0.5	0	0.5	0
7	0	1	0.5	0
8	0	0.5	0	0.5
9	0	0	0	1
10	0.5	0	0	0.5
Promedio	Cóncavo	0.2		
	Convexo	0.3		

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Tabla 121: Procesamiento de datos del ensayo de Alabeo – Distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil			
Ensayo:	<b>Alabeo</b>			
Proyecto :	NTP 339.613			
Localización :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.			
Localización :	Cusco			
Distrito :	San Jerónimo			
Fecha de Ensayo :	23/08/2018			
	<b><u>Datos de la Muestra</u></b>			
Unidad de Medida :	mm			
Observaciones :	Ninguna			
Edad :	28 días			
Dosificación C444 :	1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 70 Kg/m <sup>3</sup>		
	<b><u>Datos del Ensayo</u></b>			
	<b>CARA "A"</b>	<b>CARA "B"</b>		
	<b>Cóncavo</b>	<b>Convexo</b>	<b>Cóncavo</b>	<b>Convexo</b>
<b>Especimen</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>
1	0	0.5	0	0.5
2	0	0	0	1
3	0.5	0	0.5	0
4	0	0	0.5	0
5	1	0	0	1
6	0	1	0	1
7	0	0	0	0.5
8	0	0	0.5	0
9	0	0.5	0	0
10	0.5	0	0.5	0
<b>Promedio</b>	<b>Cóncavo</b>	0.2		
	<b>Convexo</b>	0.3		

### Análisis de la prueba

Como se trabaja con unidades de albañilería macizas no se aprecia que tengan variación de concavidad o convexidad, por lo que los resultados de alabeo son despreciables.

#### 3.6.4.3 Ensayo de succión

##### Procesamiento o cálculo de la prueba

La diferencia entre el peso inicial y el peso final, es el peso de agua absorbida por la unidad de albañilería durante un minuto de contacto con el agua. Si el área de contacto de la unidad de albañilería no difiere más de  $\pm 2.5\%$  de 200 cm<sup>2</sup>, se dará como resultado el aumento de peso en gramos.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



## Diagramas o tablas

Tabla 122: Procesamiento de datos del ensayo de Succión – Distrito de Cusco.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:	<b>Succión</b> NTP 339.017					
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.					
Localización :	Cusco					
Distrito :	Cusco					
Fecha de Ensayo :	23/08/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	gr/200 cm <sup>2</sup> -min					
Observaciones :	Ninguna					
<b>Edad : 28 días</b>						
Dosificación C444 : 1.8 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 50 Kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Testigo #	Peso Seco	P. húmedo	Ancho	Largo	Area	S
	gr	gr	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
1	5280	5300	12.4	24.7	306.3	13.06
2	5250	5270	12.3	24.7	303.8	13.17
3	5255	5275	12.4	24.8	307.5	13.01
4	5255	5275	12.3	24.7	303.8	13.17
5	5265	5285	12.4	24.7	306.3	13.06
S prom =						13.09

Tabla 123: Procesamiento de datos del ensayo de Succión – Distrito de San Jerónimo.

	Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil					
Ensayo:	<b>Succión</b> NTP 339.017					
Proyecto :	Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.					
Localización :	Cusco					
Distrito :	San Jerónimo					
Fecha de Ensayo :	23/08/2018					
<b><u>Datos de la Muestra</u></b>						
Unidad de Medida :	gr/200 cm <sup>2</sup> -min					
Observaciones :	Ninguna					
<b>Edad : 28 días</b>						
Dosificación C444 : 1.2 lt/m <sup>3</sup>	Dosificación Solidry : 70 Kg/m <sup>3</sup>					
<b><u>Datos del Ensayo</u></b>						
Testigo #	Peso Seco	P. húmedo	Ancho	Largo	Area	S
	gr	gr	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
1	4660	4675	12.4	24.9	308.8	9.72
2	4660	4675	12.4	24.8	307.5	9.76
3	4620	4635	12.4	24.9	308.8	9.72
4	4640	4655	12.4	24.8	307.5	9.76
5	4650	4665	12.4	24.9	308.8	9.72
S prom =						9.73

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

**Análisis de la prueba**

La Norma E.070 recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min. El valor de succión para el distrito de Cusco es de 13.09 gr/200 cm<sup>2</sup>-min y para el distrito de San Jerónimo es de 9.73 gr/200 cm<sup>2</sup>-min.

**3.6.4.4 Ensayo de absorción**

**Procesamiento o cálculo de la prueba**

Una vez secos los especímenes se registran los pesos, luego se procedió a sumergir totalmente los especímenes durante un periodo de 24 horas, luego se volvió a pesar los especímenes saturados.

**Diagramas o tablas**

Tabla 124: Procesamiento de datos de Absorción: a) Distrito de Cusco y b) Distrito de San Jerónimo.

<div style="text-align: center;"> <p>Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Ensayo: <b>Absorción</b> NTP 339.017</p> <p>Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.</p> <p>Localización : Cusco Distrito : Cusco Fecha de Ensayo : 23/08/2018</p> <p style="text-align: center;"><u>Datos de la Muestra</u></p> <p>Unidad de Medida : % Observaciones : Ninguna Edad : 28 días</p> <p>Dosificación C444 : 1.8 lt/m<sup>3</sup>      <u>Dosificación Solidrv : 50 Kg/m<sup>3</sup></u></p> <p style="text-align: center;"><u>Datos del Ensayo</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Testigo #</th> <th>Peso Seco</th> <th>Peso Saturado</th> <th>Absorción</th> </tr> <tr> <td></td> <td>gr</td> <td>gr</td> <td>%</td> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4965</td><td>5756</td><td>15.93</td></tr> <tr><td>2</td><td>4960</td><td>5754</td><td>16.01</td></tr> <tr><td>3</td><td>4990</td><td>5700</td><td>14.23</td></tr> <tr><td>4</td><td>4960</td><td>5790</td><td>16.73</td></tr> <tr><td>5</td><td>4990</td><td>5753</td><td>15.29</td></tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">Absorción Promedio (%)</td> <td>15.64</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>(a)</b></p>	Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción		gr	gr	%	1	4965	5756	15.93	2	4960	5754	16.01	3	4990	5700	14.23	4	4960	5790	16.73	5	4990	5753	15.29	Absorción Promedio (%)			15.64	<div style="text-align: center;"> <p>Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera Profesional de Ingeniería Civil</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Ensayo: <b>Absorción</b> NTP 339.017</p> <p>Proyecto : Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú-San Jerónimo,estabilizadas con sistema CONSOLID , Cusco 2018.</p> <p>Localización : Cusco Distrito : San Jerónimo Fecha de Ensayo : 23/08/2018</p> <p style="text-align: center;"><u>Datos de la Muestra</u></p> <p>Unidad de Medida : % Observaciones : Ninguna Edad : 28 días</p> <p>Dosificación C444 : 1.2 lt/m<sup>3</sup>      <u>Dosificación Solidrv : 70 Kg/m<sup>3</sup></u></p> <p style="text-align: center;"><u>Datos del Ensayo</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Testigo #</th> <th>Peso Seco</th> <th>Peso Saturado</th> <th>Absorción</th> </tr> <tr> <td></td> <td>gr</td> <td>gr</td> <td>%</td> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4335</td><td>5332</td><td>23.00</td></tr> <tr><td>2</td><td>4360</td><td>5126</td><td>17.57</td></tr> <tr><td>3</td><td>4370</td><td>5372</td><td>22.93</td></tr> <tr><td>4</td><td>4360</td><td>5284</td><td>21.19</td></tr> <tr><td>5</td><td>4370</td><td>5419</td><td>24.00</td></tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">Absorción Promedio (%)</td> <td>21.74</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>(b)</b></p>	Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción		gr	gr	%	1	4335	5332	23.00	2	4360	5126	17.57	3	4370	5372	22.93	4	4360	5284	21.19	5	4370	5419	24.00	Absorción Promedio (%)			21.74
Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción																																																														
	gr	gr	%																																																														
1	4965	5756	15.93																																																														
2	4960	5754	16.01																																																														
3	4990	5700	14.23																																																														
4	4960	5790	16.73																																																														
5	4990	5753	15.29																																																														
Absorción Promedio (%)			15.64																																																														
Testigo #	Peso Seco	Peso Saturado	Absorción																																																														
	gr	gr	%																																																														
1	4335	5332	23.00																																																														
2	4360	5126	17.57																																																														
3	4370	5372	22.93																																																														
4	4360	5284	21.19																																																														
5	4370	5419	24.00																																																														
Absorción Promedio (%)			21.74																																																														

**Análisis de la prueba**

Los valores de absorción que se obtuvieron para el distrito de Cusco tienen un promedio de 15.64 %, mientras que para el distrito de San Jerónimo los valores de absorción tienen un promedio de 21.74%.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo- Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados

#### 4.1 Resultados de Ensayos de Suelos

##### 4.1.1 Resultado de Límites de Consistencia

Distrito de Cusco

LL=	26
LP=	17
IP=	9

Distrito de San Jerónimo

LL=	19.6
LP=	0.0
IP=	19.6

##### 4.1.2 Resultado de Granulometría y Clasificación de Suelos

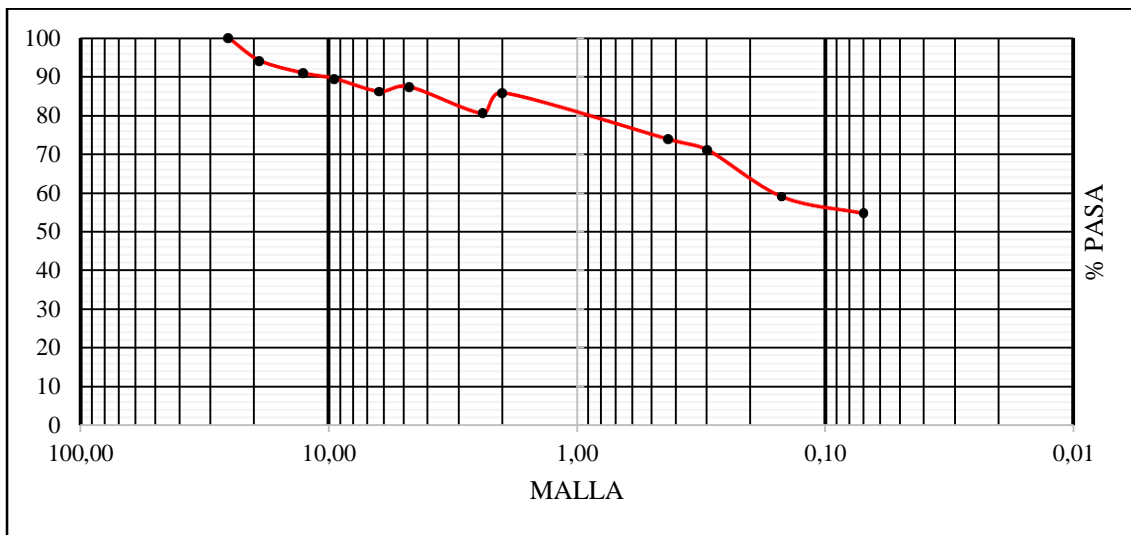


Figura N° 36: Curva Granulométrica - Distrito de Cusco

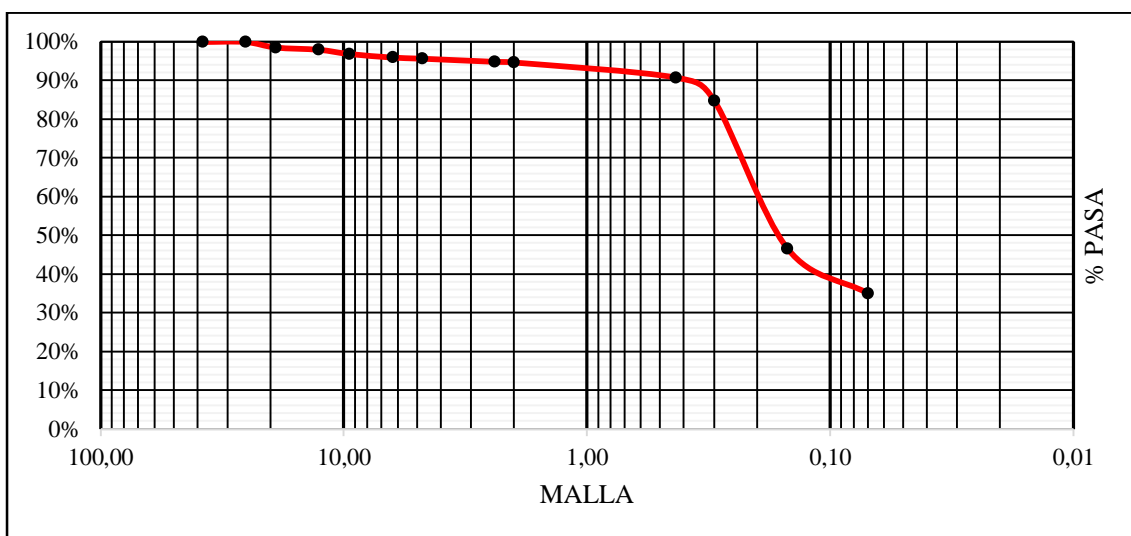


Figura N° 37: Curva Granulométrica - Distrito de San Jerónimo.

Tabla 125: Clasificación de Suelos.

Distrito	Metodología		
	SUCS	AASHTO	Descripción
Cusco	CL	A-4	Arcilla ligera arenosa con grava
San Jerónimo	SC	A-2-6 (2)	Arena arcillosa

4.1.3 Resultado del Ensayo Próctor Modificado

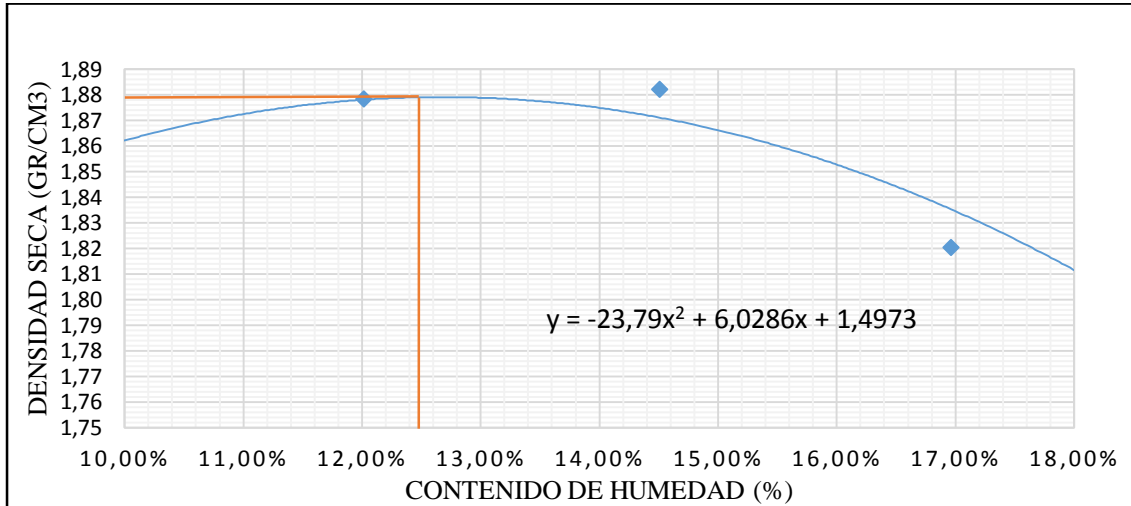


Figura N° 38: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de Cusco.

Máxima Densidad Seca:	1.880	gr/cm3
Contenido De Humedad Óptimo:	12.54	%

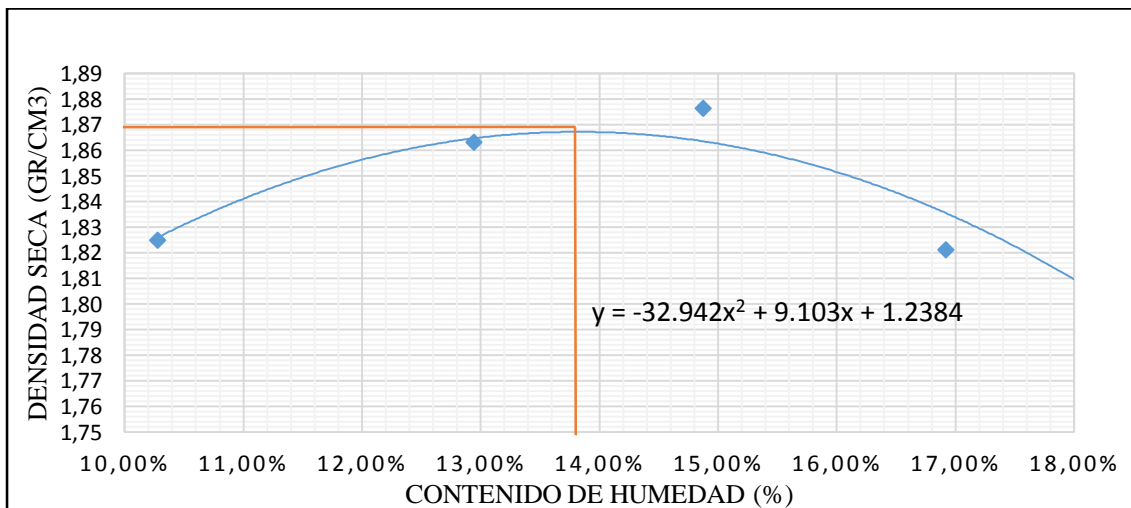


Figura N° 39: Curva de Humedad vs Densidad – Distrito de San Jerónimo.

Máxima Densidad Seca:	1.87	gr/cm3
Contenido de Humedad Óptimo:	13.80	%

## 4.2 Resultados de Ensayos Mecánicos

### 4.2.1 Resultados de Ensayo de Resistencia a Compresión

Tabla 126: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de Cusco.

		Dosificación				
		Natural	0.6 lt/m <sup>3</sup>	1.2 lt/m <sup>3</sup>	1.8 lt/m <sup>3</sup>	2.4lt/m <sup>3</sup>
Edad	7 días	6.02	6.52	7.29	9.78	9.90
	14 días	7.59	8.83	13.00	16.44	16.47
	28 días	15.94	17.21	18.22	18.67	<b>18.86</b>

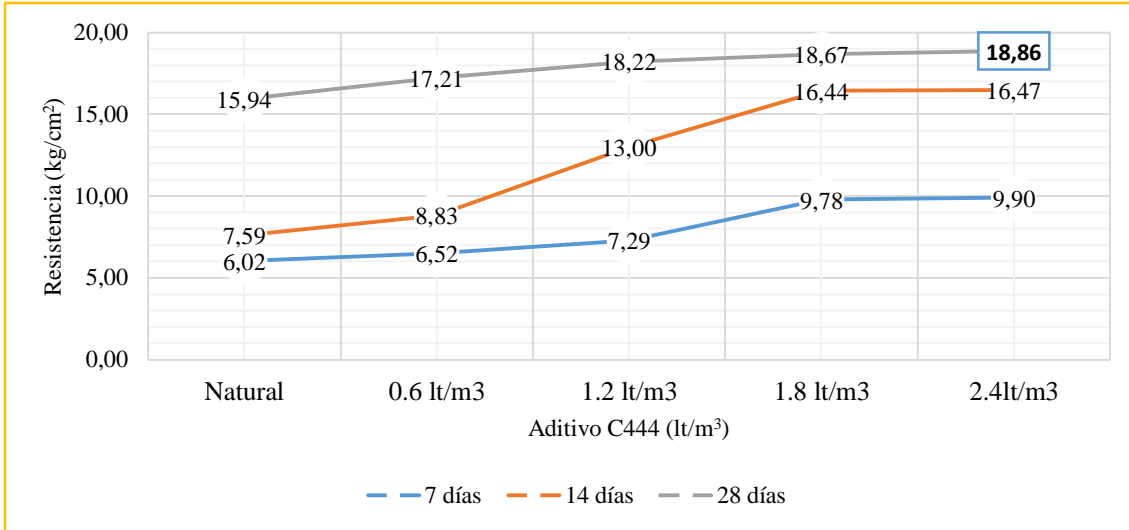


Figura N° 40: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de Cusco.

Tabla 127: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de Cusco.

		Dosificación		
		10 kg/m <sup>3</sup>	30 kg/m <sup>3</sup>	50 kg/m <sup>3</sup>
Edad	7 días	15.66	20.35	21.41
	14 días	16.28	22.33	25.61
	28 días	17.77	24.41	<b>28.09</b>

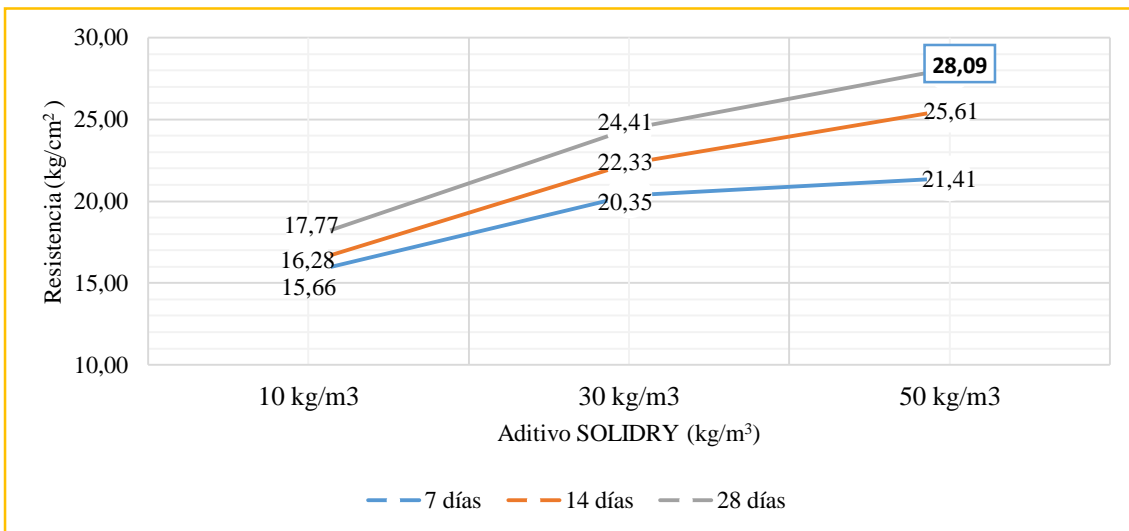


Figura N° 41: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de Cusco.

Tabla 128: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de San Jerónimo.

		Dosificación				
		Natural	0.6 lt/m <sup>3</sup>	1.2 lt/m <sup>3</sup>	1.8 lt/m <sup>3</sup>	2.4 lt/m <sup>3</sup>
Edad	7 días	1.77	1.59	1.38	0.87	1.42
	14 días	2.79	2.10	2.24	1.93	2.29
	28 días	2.49	2.50	<b>2.69</b>	2.17	2.15

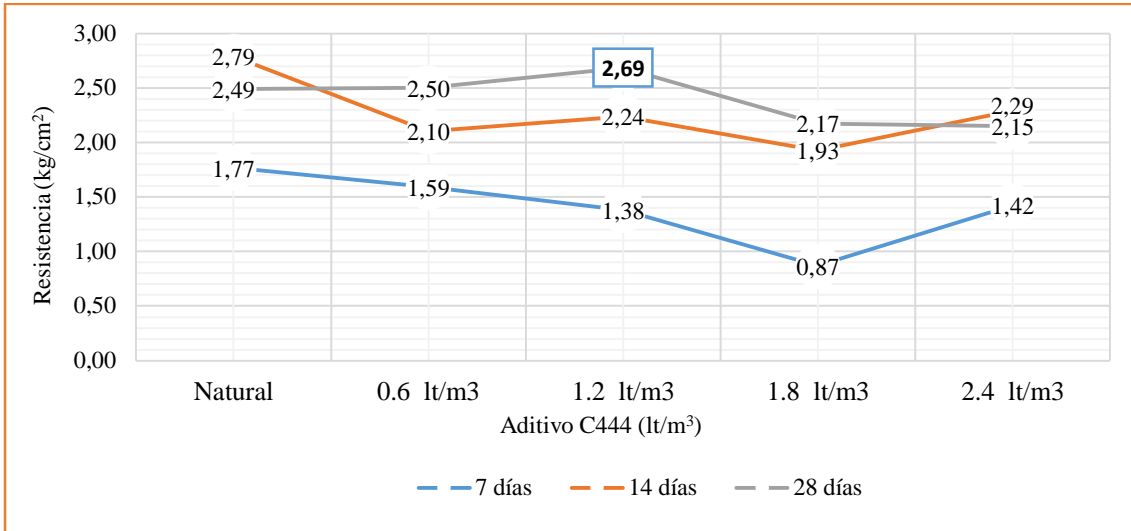


Figura N° 42: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 – Distrito de San Jerónimo.

Tabla 129: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de San Jerónimo.

		Dosificación		
		30 kg/m <sup>3</sup>	50 kg/m <sup>3</sup>	70 kg/m <sup>3</sup>
Edad	7 días	3.50	5.59	6.75
	14 días	3.48	3.71	7.44
	28 días	7.39	7.54	<b>10.51</b>

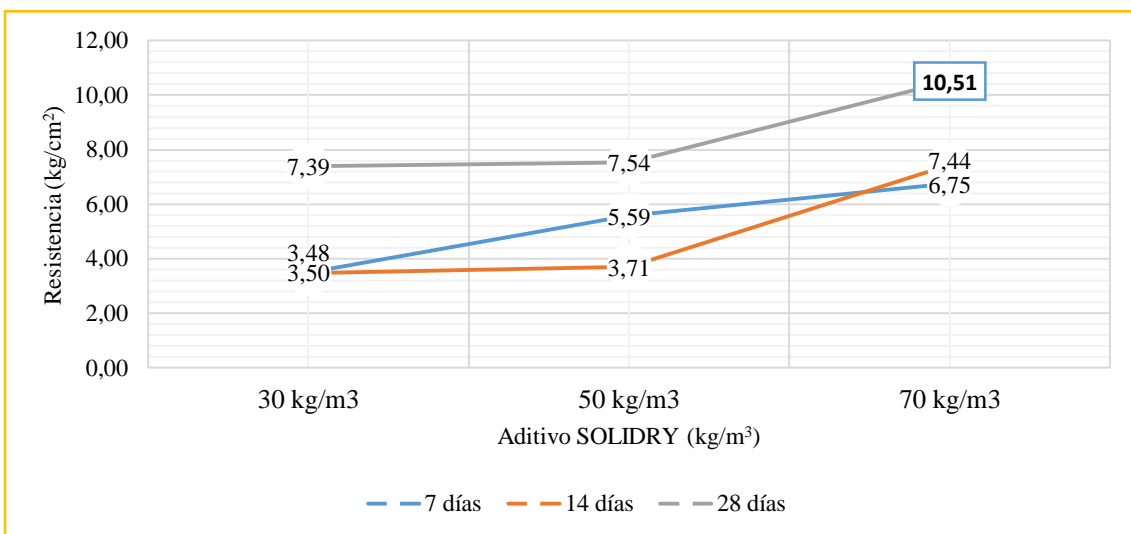


Figura N° 43: Resistencia [kg/cm<sup>2</sup>] vs Cantidad de C444 (Óp.) + SOLIDRY – Distrito de San Jerónimo.

4.2.2 Resultados del Ensayo de Módulo de Rotura

Tabla 130: Resultados de Módulo de Rotura – Distrito de Cusco.

	Módulo de Rotura
Testigo #	kg/cm2
1	12.32
2	11.58
3	10.84
4	11.34
5	11.58

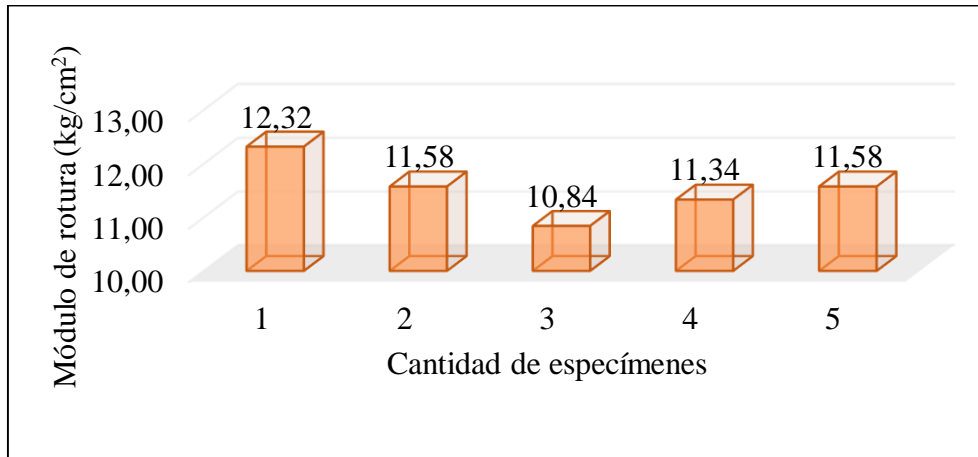


Figura N° 44: Resultados de Módulo de Rotura (kg/cm2) – Distrito de Cusco.

Tabla 131: Resultados de Módulo de Rotura – Distrito de San Jerónimo.

	Módulo de Rotura
Testigo #	Kg/cm2
1	6.56
2	6.14
3	6.33
4	6.33
5	6.80

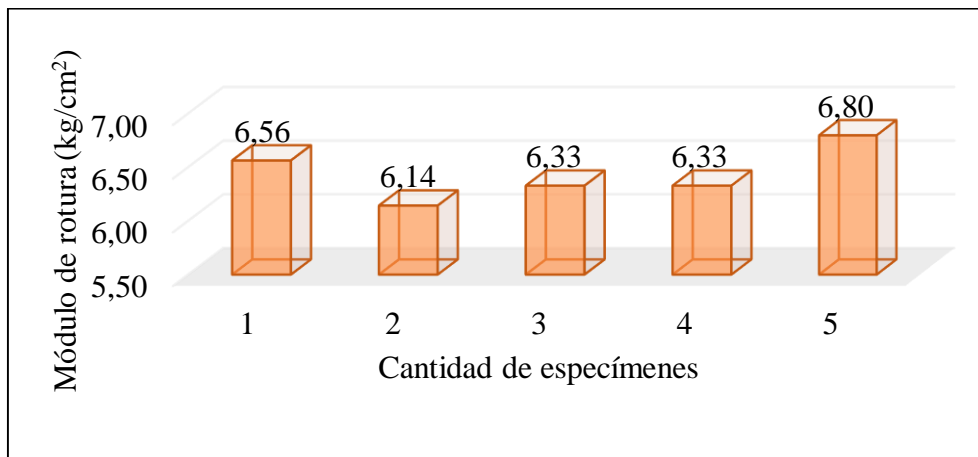


Figura N° 45: Resultados de Módulo de Rotura [kg/cm2] – Distrito de San Jerónimo.

### 4.3 Resultados de Ensayos de Propiedades Físicas

#### 4.3.1 Resultados de Variación Dimensional

Tabla 132: Resultados del Ensayo de Variación Dimensional – Distrito de Cusco.

Distrito de Cusco			
Espécimen	L0	A0	H0
1	24.73	12.33	9.48
2	24.78	12.33	9.45
3	24.70	12.35	9.45
4	24.75	12.33	9.45
5	24.78	12.38	9.43
6	24.78	12.35	9.43
7	24.75	12.35	9.48
8	24.78	12.38	9.40
9	24.75	12.35	9.45
10	24.78	12.33	9.48
<b>promedio=</b>	<b>24.76</b>	<b>12.35</b>	<b>9.45</b>
<b>requerido=</b>	<b>24.80</b>	<b>12.40</b>	<b>9.50</b>
<b>%=</b>	<b>0.18</b>	<b>0.44</b>	<b>0.55</b>

Tabla 133: Resultados del ensayo de Variación Dimensional – Distrito de San Jerónimo.

Distrito de San Jerónimo			
Espécimen	L0	A0	H0
1	24.90	12.48	9.60
2	24.88	12.48	9.58
3	24.88	12.48	9.55
4	24.85	12.50	9.58
5	24.85	12.48	9.58
6	24.85	12.50	9.60
7	24.85	12.45	9.60
8	24.88	12.48	9.58
9	24.90	12.48	9.58
10	24.83	12.50	9.55
<b>promedio=</b>	<b>24.87</b>	<b>12.48</b>	<b>9.58</b>
<b>requerido=</b>	<b>24.90</b>	<b>12.50</b>	<b>9.60</b>
<b>%=</b>	<b>0.14</b>	<b>0.16</b>	<b>0.23</b>

#### 4.3.2 Resultados del Ensayo de Alabeo

Tabla 134: Resultado de Alabeo para el Distrito de Cusco y San Jerónimo

Promedio	Cóncavo	0.2
	Convexo	0.3



### 4.3.3 Resultados del ensayo de Succión

Tabla 135: Resultados del ensayo de Succión para el Distrito de Cusco y San Jerónimo.

Distrito de Cusco		Distrito de San Jerónimo	
Área cm <sup>2</sup>	S	Área cm <sup>2</sup>	S
306.3	13.06	308.8	9.72
303.8	13.17	307.5	9.76
307.5	13.01	308.8	9.72
303.8	13.17	307.5	9.76
306.3	13.06	308.8	9.72
<b>S prom =</b>	<b>13.09</b>	<b>S prom =</b>	<b>9.73</b>

### 4.3.4 Resultados del ensayo de Absorción

Tabla 136: Resultados del ensayo de Absorción para el Distrito de Cusco y San Jerónimo.

	Distrito de Cusco	Distrito de San Jerónimo
Testigo	Absorción %	Absorción %
1	15.93	23.00
2	16.01	17.57
3	14.23	22.93
4	16.73	21.19
5	15.29	24.00
<b>Absorción Promedio</b>	<b>15.64</b>	<b>21.74</b>

## CAPÍTULO V

### 5. Discusión

#### 5.1 Contraste de Resultados con Referentes del Marco Teórico

#### **¿Cómo se encontró la humedad óptima del suelo para la fabricación de las unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID?**

Para encontrar la humedad óptima del suelo, para la fabricación de las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con sistema CONSOLID, se partió de los ensayos previos que se realizaron a los distintos tipos de suelo. Específicamente, se realizó el ensayo de Proctor Modificado y el ensayo de Límite Líquido como parámetros inferior y superior, respectivamente, con los cuales trabajar. Para el suelo del sector de Tambillo (distrito de Cusco) el valor del Contenido Óptimo de Humedad (CHO) que se obtuvo del ensayo Proctor Modificado fue de 12.54 % y el valor del Límite Líquido fue de 26 %. Se fabricaron unidades con los contenidos de humedad que oscilaban entre los dos valores antes mencionados, que fueron: 13%, 16%, 19% y 22% obteniendo la humedad óptima del suelo para la fabricación de las unidades de albañilería fabricadas. Con suelo del sector de Tambillo, el valor de humedad óptima fue de 19% ya que presentaba una mayor densidad y una mejor trabajabilidad y compactación. En el caso del suelo del sector de PetroPerú (distrito de San Jerónimo) el valor del Contenido Óptimo de Humedad (CHO) que se obtuvo del ensayo Proctor Modificado fue de 13.80 % y el valor del Límite Líquido fue de 20 %. Por lo tanto se fabricaron unidades con los contenidos de humedad que oscilaban entre esos dos valores, que fueron de: 14%, 16%, 18% y 20%. La humedad óptima del suelo para la fabricación de las unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, fue de 18% por presentar una mayor densidad y una mejor trabajabilidad y compactación.

#### **¿Cuál es el comportamiento de las unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID?**

La unidad de albañilería con la mayor resistencia registrada fabricada con suelo del sector de Tambillo (distrito de Cusco) fue de 28.27 kg-f/cm<sup>2</sup> y de acuerdo con la tabla 1: clase de unidad de albañilería para fines estructurales de la Norma Técnica Peruana E.070 (2006), corresponde a un Bloque NP, cuyo servicio es destinado para el uso en la construcción de muros no portantes.



La resistencia máxima de las unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de Tambillo del distrito de Cusco supera a la resistencia de los adobes, establecido en la Norma Técnica Peruana E.080 donde indica que la resistencia mínima es de  $10.2 \text{ kg-f/cm}^2$  para un adobe tradicional.

Por otro lado, la unidad de albañilería con la mayor resistencia registrada, elaborada con suelo del sector de PetroPerú (distrito de San Jerónimo) fue de  $10.79 \text{ kg-f/cm}^2$  y supera a la resistencia del adobe especificado en la Norma Técnica Peruana E.080 donde indica que la resistencia mínima es de  $10.2 \text{ kg-f/cm}^2$  para un adobe tradicional.

### **¿Cómo se encontró la dosificación de componentes del aditivo CONSOLID de las unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID para encontrar la dosificación óptima?**

Para encontrar la dosificación óptima de los componentes del sistema CONSOLID se partió del “Manual del Sistema CONSOLID Productos Viales” donde se indica que la aplicación habitual del componente líquido: C444, es de  $1.2 \text{ lt/m}^3$  y la aplicación habitual del componente sólido: SOLIDRY, está comprendida entre  $10 \text{ kg/m}^3$  y  $30 \text{ kg/m}^3$ .

En base a ello, se fabricaron unidades de albañilería con ambos tipos de suelos por separado, únicamente con el componente líquido C444 con dosificaciones que variaban de  $0 \text{ lt/m}^3$  (sin aditivo) a  $2.4 \text{ lt/m}^3$  en intervalos de  $0.6 \text{ lt/m}^3$  cada una y a edades de 7, 14 y 28 días. Posteriormente, se tomó la decisión de trabajar con  $1.8 \text{ lt/m}^3$  para las unidades de albañilería fabricadas con tierra del sector de Tambillo (distrito de Cusco) por la eficiencia mostrada en los resultados de la Figura 32: Resistencia vs Dosificación de Aditivo C444 (14 Días) – Distrito de Cusco. En el caso de las unidades de albañilería fabricadas con tierra del sector de PetroPerú (distrito de San Jerónimo) se tomó la decisión de usar  $1.2 \text{ lt/m}^3$  por que no existía una mejora considerable en los resultados de compresión de las unidades de albañilería como se muestra en la Figura 33: Resistencia vs Dosificación de Aditivo C444 (28 Días) – Distrito de San Jerónimo.

Una vez obtenidas las dosificaciones del componente líquido C444 se pasó a realizar los ensayos con el componente sólido SOLIDRY. De igual manera se fabricaron unidades de albañilería con ambos tipos de suelos por separado, con las dosificaciones óptimas del componente líquido y adicionando el componente sólido SOLIDRY con dosificaciones de  $10 \text{ kg/m}^3$ ,  $30 \text{ kg/m}^3$  y  $50 \text{ kg/m}^3$  en el caso de la fabricación de ladrillos con suelo del sector de

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



Tambillo y  $30 \text{ kg/m}^3$ ,  $50 \text{ kg/m}^3$  y  $70 \text{ kg/m}^3$  en el caso de la fabricación de ladrillos con suelo del sector de PetroPerú.

Posteriormente, se tomó la decisión de trabajar con  $50 \text{ kg/m}^3$  para las unidades de albañilería fabricadas con tierra del sector de Tambillo, por la eficiencia de los resultados mostrada en la Figura 34: Resistencia vs Dosificación con Óptimo de Aditivo C444 + SOLIDRY (28 Días) – Distrito de Cusco. En el caso de las unidades de albañilería fabricadas con tierra del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo se tomó la decisión de usar  $70 \text{ kg/m}^3$  por la eficiencia de los resultados mostrada en la Figura 35: Resistencia vs Dosificación con Óptimo de Aditivo C444 + SOLIDRY (28 Días) – Distrito de San Jerónimo.

Así, se obtuvieron las dosificaciones óptimas del sistema CONSOLID para ambos tipos de suelos. En el caso de las unidades fabricadas con suelo del sector de Tambillo, distrito de Cusco las decisiones finales fueron  $1.8 \text{ lt/m}^3$  de C444 y  $50 \text{ kg/m}^3$  de SOLIDRY. En el caso de las unidades fabricadas con suelo del sector de PetroPerú, distrito de San Jerónimo las dosificaciones finales fueron  $1.2 \text{ lt/m}^3$  de C444 y  $70 \text{ kg/m}^3$  de SOLIDRY.

## 5.2 Interpretación de los Resultados Encontrados en la Investigación

**¿Las unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID son mejores que los adobes tradicionales?**

Los resultados de las pruebas mecánicas de las unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores: Tambillo y PetroPerú de los distritos: Cusco y San Jerónimo, respectivamente, estabilizadas con sistema CONSOLID superan a las resistencias que se indican en la Norma Técnica Peruana E.080 (2017) y en las pruebas físicas a las cuales se sometieron las unidades demostraron estar dentro de los parámetros que se estipulan en la Norma Técnica Peruana E.070 (2006).

## 5.3 Comentario de la Demostración de la Hipótesis

**¿Los resultados obtenidos estarán aproximándose a las hipótesis de la investigación?**

En la mayoría de los resultados de las pruebas de las unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID cumplieron con los requisitos mínimos dispuestos por la Norma Técnica Peruana E.070 y E.080. La prueba con la que mejor resultados se obtuvieron fue la de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería fabricadas con tierra del

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



sector de Tambillo con una resistencia promedio de 28.09 kg/cm<sup>2</sup> la cual cumple satisfactoriamente la resistencia de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, dispuesta por la Norma Técnica Peruana E.080 (2017).

Los resultados de los ensayos como Absorción, Succión, Alabeo y Variación Dimensional están dentro de los parámetros dispuestos en la Norma Técnica Peruana E.070 (2006) en ambas unidades de albañilería fabricadas con los suelos de los sectores de Tambillo y PetroPerú.

#### **5.4 Aporte de la Investigación**

##### **¿La investigación contribuye con la sociedad?**

La presente investigación pretende dar a conocer a la población en general y, principalmente, a la población de las zonas rurales alto andinas que existen otras alternativas en la construcción de viviendas que no necesariamente representan un alto costo en su elaboración. Por otro lado, la necesidad de reducir la contaminación generada por la fabricación de ladrillos nos impulsa a querer sustituir a este tipo de albañilería con una más amigable con el medio ambiente, que no necesite de una combustión que emita CO<sub>2</sub> al medio ambiente. En este sentido la fabricación de unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con sistema CONSOLID representa una gran alternativa para reemplazar los ladrillos convencionales.

Esta unidad estabilizada con el sistema CONSOLID, demuestra tener una óptima resistencia a compresión y una mejor durabilidad que las unidades de tierra cruda estabilizadas con paja (adobe).



## CONCLUSIONES

### Conclusión Número 1

Se logró demostrar la hipótesis general que decía **“Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con las dosificaciones óptimas del sistema CONSOLID, cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070 y E.080”**

Los resultados de las pruebas mecánicas a las que se sometieron las unidades de albañilería fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, están muy por encima a los que se recomienda como mínimos en la Norma Técnica Peruana E.080. Además los resultados de las pruebas de las propiedades físicas se encuentran dentro del rango que se estipula en la Norma Técnica Peruana E.070. En el caso del ensayo de succión de las unidades de albañilería fabricadas con suelo del sector de PetroPerú-San Jerónimo, como se muestra en la Tabla 135: Resultados del ensayo de Succión para el Distrito de Cusco y San Jerónimo, presenta una succión de 9.73 gr/200 cm<sup>2</sup> y el rango que nos recomienda la norma es entre 10 gr/200 cm<sup>2</sup> y 20 gr/200 cm<sup>2</sup>. Pero este valor es menor, lo que nos indica que succionará menos cantidad de agua del mortero al momento de realizar muros y, por lo tanto, no generará problemas en la elaboración de los mismos.

### Conclusión Número 2

Se logró demostrar la sub hipótesis Nro. 1 que decía **“Si es posible determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco”**

Se realizaron ensayos físicos y mecánicos a los suelos extraídos de las zonas de Tambillo-Cusco y PetroPerú-San Jerónimo, logrando conocer aspectos importantes para la fabricación de las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con sistema CONSOLID. Dichos ensayos ayudaron al entendimiento del comportamiento de las unidades de albañilería, en el caso de la tierra de la zona de PetroPerú no presenta un límite plástico, lo que nos advierte de la presencia nula y/o mínima de arcillas en el suelo de este sector, ayudándonos al entendimiento del porque el sistema CONSOLID no actúa de igual manera en ambos tipos de suelos.

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo-Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



### Conclusión Número 3

Se logró demostrar en parte la sub hipótesis Nro. 2 que decía **“El valor fb de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, se incrementa de manera proporcional al adicionar componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m<sup>3</sup>”**

Los resultados del suelo del sector de Tambillo-Cusco mostraron un aumento en el valor de la resistencia a compresión fb cuando se le aumentaba la dosificación del componente líquido C444 hasta en un 40% en los primeros 7 días de edad de las unidades de albañilería como se observa en la Tabla 126: Resistencia vs cantidad de C444 – Distrito de Cusco. En el caso de los resultados de la resistencia a compresión fb en el suelo del sector de PetroPerú-San Jerónimo no necesariamente se apreciaba una mejora con el incremento de la cantidad del componente líquido C444 como se observa en la Tabla 128: Resistencia vs cantidad de C444 – Distrito de San Jerónimo, esto debido a los resultados que se conocieron en el estudio del suelo de este sector que nos mostraban la no presencia del límite plástico por consiguiente la no presencia de arcillas en este tipo de suelo y en el manual del sistema CONSOLID se contempla que para que el sistema pueda funcionar sin alteraciones se necesita una presencia no menor del 20% de arcillas en los suelos a tratar.

### Conclusión Número 4

Se logró demostrar la sub hipótesis Nro. 3 que decía **“El valor de fb de las unidades de albañilería, fabricadas con suelo de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, se incrementa adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m<sup>3</sup> para el distrito de San Jerónimo”**

Una vez obtenidos los valores óptimos del componente líquido C444 se adicionó el componente sólido en 3 diferentes dosificaciones para cada tipo de suelo. Los resultados obtenidos con la adición del componente sólido SOLIDRY mostraron una mejora de un poco más del 30% en el valor de la resistencia a compresión fb con una edad de 28 días en comparación a la resistencia obtenida con la dosificación óptima del componente líquido C444 y una mejora de más del 40% en el valor de la resistencia con una edad de 28 días en comparación a la resistencia obtenida



únicamente con la fabricación de suelo sin aditivo del sector de Tambillo-Cusco como se observa en la Tabla 127: Resistencia vs cantidad de C444 + SOLIDRY – Distrito de Cusco.

En cuanto a las unidades fabricadas con suelo del sector de PetroPerú-San Jerónimo el incremento en el valor de la resistencia alcanzada a los 28 días de edad con el componente líquido óptimo adicionado el componente sólido SOLIDRY con dosificación de  $70\text{kg/m}^3$  nos muestra una mejora de hasta 4 veces más el valor de la resistencia alcanzada en las unidades fabricadas sin aditivo con la misma edad de ruptura como se observa en los resultados de la Tabla 129: Resistencia vs cantidad de C444 + SOLIDRY – Distrito de San Jerónimo.





## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la investigación con otros diferentes tipos de suelos que estén presentes en los diferentes distritos de la ciudad de Cusco y porque no, con suelos característicos de otras ciudades del Perú, para entender de mejor manera el comportamiento del sistema CONSOLID.
2. Se recomienda ampliar las investigaciones sobre unidades de albañilería que sean “eco amigables” y puedan sustituir a los ladrillos convencionales que vienen generando una gran liberación de CO<sub>2</sub> al medio ambiente para poder realizar su fabricación.
3. Se recomienda a los estudiantes de la facultad de ingeniería de la Universidad Andina del Cusco, continuar con la segunda parte de la investigación que incluye el estudio del comportamiento de las unidades estabilizadas con sistema CONSOLID en muros, haciendo pruebas de compresión diagonal.
4. Se recomienda a la comunidad mejorar el proceso de fabricación de las unidades de albañilería fabricadas con tierra cruda estabilizadas con sistema CONSOLID, es decir, utilizando una prensa hidráulica o una mezcladora mecánica para optimizar los tiempos y costos de fabricación de este tipo de unidades de albañilería.
5. Se recomienda elaborar este tipo de unidades de albañilería de manera industrial en la ciudad de Cusco, por su bajo costo y los resultados satisfactorios a los que se llega, además que el sistema CONSOLID funciona prácticamente con todos los tipos de tierra, lo que hace más fácil la producción de unidades de albañilería con este sistema.
6. Se recomienda utilizar unidades de albañilería estabilizadas con sistema CONSOLID en todo tipo de construcciones que se requiera albañilería no portante, por su bajo costo y su fácil producción.

**REFERENCIAS**

- ❖ Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 2: Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005.
- ❖ Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra, 1995.
- ❖ Abanto F. & Akarley P. 2014. Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- ❖ Augusto V. 2016. Factibilidad de implementación del material suelo-cemento como material de construcción para viviendas de bajo costo en el Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ❖ Aguirre, J., & Prado, M. 2012. Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el sistema Consolid. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- ❖ Hernández S. et. al. 2006 Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- ❖ Bernal Torres, C. A. 2006. Metodología de la Investigación. México: Leticia Ganoa Figueroa.
- ❖ Bowles, J. 1981. Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Latino Americana, S.A.
- ❖ Gallegos, H., & Cassabone, C., 2005. Albañilería Estructural Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ❖ San Bartolomé, 1994. Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-. Lima, Perú. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ❖ Norma E.070. 2006. Lima – Perú: El Peruano.
- ❖ Norma E.080. 2017. Lima.

ANEXO 1

Elaboración de las unidades de albañilería estabilizadas con sistema CONSOLID



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayoc, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayoc y Cusipata, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Muestras para Ensayos de Laboratorio

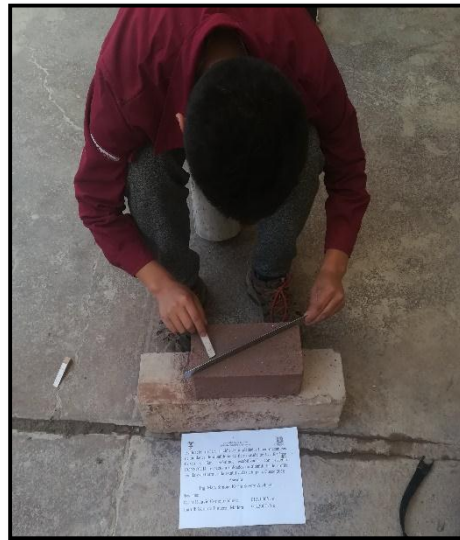
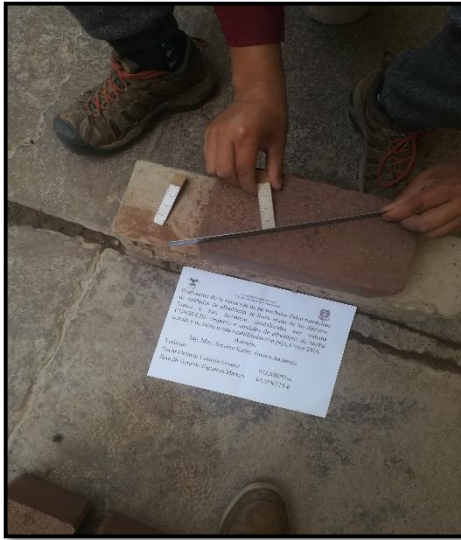


Ensayo de Variación Dimensional en Laboratorio de la Universidad



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbayaco, Cusipata, Pucallpa – Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Ensayo de Alabeo de las Muestras en el Laboratorio

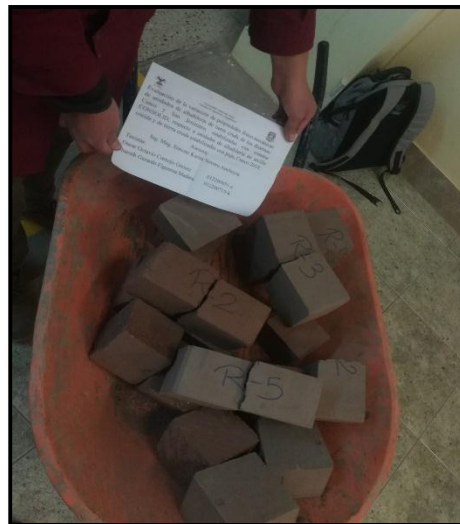
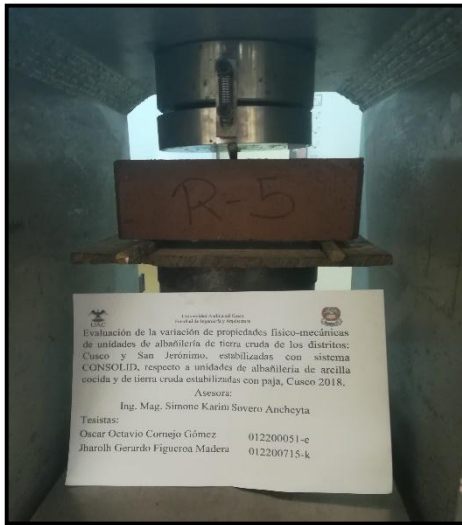


Ensayo de Resistencia



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbilla, Cuzco y Pucallpa – Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

### Ensayo de Módulo de Rotura

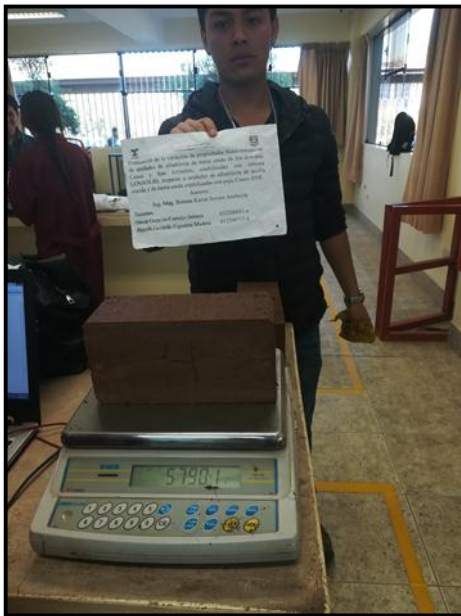


### Ensayo de Succión de Agua



“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbay, Cusco, Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

Ensayo de Absorción de Agua





## ANEXO 2

### 1. Informe técnico sistema CONSOLID

#### 1.1. Principio y descripción

El Sistema de impermeabilización y estabilización química de suelos CONSOLID está formado por dos productos: un polvo granulado de nombre comercial SOLIDRY, y un líquido semi-viscoso de nombre comercial CONSOLID 444.

El sistema impermeabiliza los suelos tratados, así como aumenta la capacidad portante de los mismos.

La aplicación del CONSOLID 444 permite una aglomeración de las partículas finas, y de este modo una reducción de la superficie activa del suelo; se destruye la película de agua adherida en la medida de lo posible, activando así el poder de unión propio del suelo. Un tratamiento posterior con SOLIDRY permite una estabilización precisa de acuerdo a los requerimientos del lugar de construcción.

#### 1.2 Materiales y componentes

##### 1.2.1 SOLIDRY CONCENTRADO

Polvo granulado formado por la mezcla de catalizadores e intercambiadores iónicos.

Tabla No. 1. Caracterización química del SOLIDRY CONCENTRADO.

Compuesto	%
Alquilamina grasa	25 - 100
Ester di-alquílico de trietanolamonio metil sulfato	25 - 100
2 Propanol	5 - 10

Tabla No. 2. Características técnicas del SOLIDRY CONCENTRADO.

Características Técnicas	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	Sólido
Color	-	Amarillento
Olor	-	Similar a las aminas
Valor PH	-	9-10
Punto de fusión	°C	50-52
Punto de inflamación en copa cerrada	°C	>170
Densidad (75°C)	gr/m <sup>3</sup>	0.858
Viscosidad dinámica (75°C)	mPa	<100
Solubilidad en agua (20°C)	-	Insoluble
Solubilidad en Isopropanol (55°C)	g/l	50

### 1.2.2 CONSOLID 444 CONCENTRADO

Líquido semi viscoso, formado por la mezcla de monómeros y polímeros catalizadores, aceleradores de la penetración.

Tabla No. 3. Caracterización química del CONSOLID 444 CONCENTRADO.

Compuesto	%
Compuesto de amonio cuaternario	25-50
Amina grasa	10-25
Ácido fórmico	2.5-10
Otras aminas y grasas	2.5-10
Xileno alcalino	2.5

Tabla No. 4. Características técnicas CONSOLID 444 CONCENTRADO.

Características	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	líquido
Color	-	amarillo
Olor	-	característico
Punto de inflamación	°C	41
Presión a vapor a 20°C	hPa	23
Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	0.98-1.00
Solubilidad en agua	-	completa
Valor (100g/l) a 20°C	-	4.5-5

### 1.3 Fabricación

Los productos que componen el Sistema se fabrican a partir de productos concentrados manufacturados y embarcados desde BUSSETTI & Co. GesmbH, Austria (CONSOLID) y desde KAO CORPORATION S.A., España (SOLIDRY) a sus distribuidores autorizados en el mundo, para a partir de ellos obtener los productos finales del sistema.

BUSSETTI & Co. GesmbH presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de auxiliares químicos industriales con número de registro 01530138 otorgado por el cuerpo de certificación TUV.

KAO CORPORATION SA, presenta certificado ISO 9001: 2000, para el diseño y producción de agentes tensoactivos otorgado por AENOR con numero de registro ER-0228/1995, renovado en el 2006.

#### 1.4 Suelos a tratar

En principio, todo tipo de suelos cohesivos o semi-cohesivos pueden ser tratados con el Sistema CONSOLID y modificados hasta el punto deseado. El grado de estabilización lo determina Vd. de acuerdo a los requerimientos de la construcción.

Todo tipo de suelos cohesivos  
pueden ser tratados con el sistema  
CONSOLID

Todo tipo de suelos cohesivos pueden ser tratados con el Sistema CONSOLID.

La experiencia en muchos países y con muchos tipos de suelos (desde buenos a muy malos) y en condiciones diferentes confirman que la estabilización se puede conseguir a través del tratamiento con el Sistema CONSOLID.

##### 1.4.1 Composición óptima del suelo a tratar

Aquí deben aplicarse los criterios físicos normales de clasificación de suelos, cuánto mejor sea su composición granulada, más alta será la estabilización mecánica del suelo. Una granulación desfavorable o una sobre medida de cierta fracción puede ser mejorada mezclando con otros suelos disponibles en el lugar de modo de alcanzar un mejor estado inicial para la estabilización mecánica. Cuanto mejor sea el punto inicial respecto a la capacidad de soporte, mejor será el efecto del tratamiento con el Sistema CONSOLID con las mismas cantidades de aditivos.

La principal efectividad del Sistema CONSOLID apunta a una influencia sobre los finos de un suelo, ya que estos son los principales responsables de su inestabilidad pero después del tratamiento se transforman en ligantes naturales; mientras que la parte gruesa no causa problemas. Dado que se apunta a lograr un suelo más denso, los contenidos de finos (arcilla, sedimento) no deberían ser menores al 20 o 30 % para obtener una estabilidad mecánica satisfactoria. El máximo de material fino, especialmente greda, está dado por la capacidad de mezclado del suelo. En este caso, se requiere agregar material arenoso o grueso para que el suelo sea trabajable. Por el contrario, si se quiere tratar suelos no-cohesivos como la arena, debe agregársele la cantidad necesaria de suelo cohesivo.

El suelo a tratar deber ser incorporado siempre en su Proctor óptimo o apenas por encima pero nunca con contenidos de humedad demasiado bajos. El Sistema CONSOLID libera el agua adherida facilitando la compactación, especialmente en suelos que contienen grava o rocas. La compactación va en continuo aumento debido al tránsito, aún si la compactación inicial se ha realizado con humedades demasiado altas. Este efecto de compactación ya no puede ser afectado por el proceso destructivo del suelo que se hincha cuando absorbe agua (sobre todo

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tumbilla, Cuzco, Depto Perú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”



ante la presencia de heladas); la densidad aumenta constantemente; el efecto del Sistema CONSOLID es permanente.

El Sistema CONSOLID puede ser de gran ayuda incluso en el caso de pantanos. Estos suelos contienen a menudo un alto contenido de sedimentos y son extremadamente sensibles a la absorción del agua y por tanto adecuados para el tratamiento con el Sistema CONSOLID.

Por supuesto que se deberá elaborar todo un proyecto adecuado a las circunstancias: con su drenaje respectivo, la construcción de un terraplén (al menos un metro por encima del nivel del agua), compactación de la subrasante, etc.

#### 1.4.2 Aplicación

La mezcla del suelo con los aditivos del Sistema CONSOLID puede realizarse en el mismo lugar de la aplicación. Sin embargo el Sistema brinda la posibilidad de mezclar los productos y el suelo a tratar en cualquier tipo de planta mezcladora y ser almacenado en espera de su demanda.

Para que la aplicación sea totalmente satisfactoria, hay que tener en cuenta la composición del suelo a estabilizar, la mejor composición para un muy buen resultado es:

- ✓ 1/3 arcilla y limo
- ✓ 1/3 arena y pequeña grava
- ✓ 1/3 piedras trituradas
- ✓ El suelo debe contener, al menos, del 20% al 25% de arcilla

La forma más común de aplicación consiste en el mezclado en el mismo lugar de la construcción.

Primero se acostumbra a desmenuzar o remover el terreno a una profundidad de 25 cm y luego se aplica el SOLIDRY. La dosis a aplicar es de 12 a 20 kgs/m<sup>3</sup>, siendo la estándar de 16 kgs/m<sup>3</sup>. Se mezcla todo bien hasta obtener una buena homogenización del terreno. Luego se aplica el CONSOLID Líquido también a una profundidad de 25 cm. La dosis a aplicar es de 0,6 a 0,8 litros/m<sup>3</sup>, siendo la estándar de 0,8 litros/m<sup>3</sup>.



**ANEXO 3**

**Matriz de consistencia**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES:	INDICADORES
¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con las dosificaciones óptimas del sistema CONSOLID?	Determinar las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con sistema CONSOLID.	Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, estabilizadas con las dosificaciones óptimas del sistema CONSOLID, cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070 y E.080.	•Propiedades físico-mecánicas del suelo natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación SUCS (adimensional)</li> <li>• Límites de Atterberg: %</li> <li>• Contenido de Humedad: %</li> <li>• Proctor: gr/cm3</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES:	INDICADORES
1.- ¿Es posible determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco?	1.: Determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco.	1. Si es posible determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación del componente líquido C444</li> <li>• Dosificación del componente sólido SOLIDRY</li> <li>• Propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de tierra cruda estabilizadas con Sistema CONSOLID.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de componente líquido C444 (l/m3)</li> <li>• Cantidad de componente sólido SOLIDRY (kg/m3)</li> <li>• Variación dimensional: %V <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alabeo: mm</li> </ul> </li> <li>• Peso Específico: kgf/m3</li> <li>• Absorción: %A</li> <li>• Succión: gr/200 cm2</li> <li>• Resistencia a la compresión: f' b kg/cm2</li> <li>• Módulo de Rotura: kg/cm2</li> </ul>
2. ¿En qué medida varía el valor de f'b de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, adicionando componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m3?	2. Determinar en qué medida varía el valor f'b de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, adicionando componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m3.	2. El valor f'b de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, se incrementa de manera proporcional al adicionar componente líquido C444 en dosificaciones de 0.0, 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 l/m3.		
3. ¿En qué medida varía el valor de f'b de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m3 para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m3 para el distrito de San Jerónimo?	3. Determinar en qué medida varía el valor de f'b de las unidades de albañilería, fabricadas con tierra cruda de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m3 para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m3 para el distrito de San Jerónimo.	3. El valor de f'b de las unidades de albañilería, fabricadas con suelo de la zona de Tambillo del distrito de Cusco y de la zona de PetroPerú del distrito de San Jerónimo de la ciudad de Cusco, con el valor óptimo del componente líquido C444, se incrementa adicionando componente sólido SOLIDRY en dosificaciones de 10, 30 y 50 kg/m3 para el distrito de Cusco y 30, 50 y 70 kg/m3 para el distrito de San Jerónimo.		

“Comportamiento físico-mecánico de unidades de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de los sectores Tambillo – Cusco y PetroPerú – San Jerónimo, estabilizadas con sistema CONSOLID, Cusco 2018”

**ANEXO 4**

Costos de fabricación de las unidades de albañilería, estabilizadas con el sistema  
CONSOLID.

<b>Costos de aditivo</b>			
C444 =	S/ 46.41 lt	Solidry =	S/ 7.59 kg
<b>Cantidad de aditivo a utilizar</b>			
Tambillo - Cusco		PetroPerú - San Jerónimo	
C444 =	1.80 lt/m <sup>3</sup>	C444 =	1.20 lt/m <sup>3</sup>
Solidry =	50 kg/m <sup>3</sup>	Solidry =	70 kg/m <sup>3</sup>
<b>Dimensiones de las unidades</b>			
Tambillo - Cusco		PetroPerú - San Jerónimo	
L =	24.80 cm	L =	24.90 cm
A =	12.40 cm	A =	12.50 cm
H =	9.50 cm	H =	9.60 cm
Vol =	0.002921 m <sup>3</sup>	Vol =	0.002988 m <sup>3</sup>
<b>Cantidad de aditivo por unidad</b>			
Tambillo - Cusco		PetroPerú - San Jerónimo	
C444 =	0.0053 lt	C444 =	0.0036 lt
Solidry =	0.1461 kg	Solidry =	0.2092 kg
<b>Costo de aditivo por unidad</b>			
Tambillo - Cusco		PetroPerú - San Jerónimo	
C444 =	S/ 0.24	C444 =	S/ 0.17
Solidry =	S/ 1.11	Solidry =	S/ 1.59
<b>Total =</b>	<b>S/ 1.35</b>	<b>Total =</b>	<b>S/ 1.75</b>